ANALISIS DAN RANCANGAN ALGORITMA CREW OPERATION PATTERN (CROPA)

STUDI KASUS PT GARUDA INDONESIA

TUGAS AKHIR SARJANA

OLEH :

BAYU ADI DHARMA

NIM : 13605018

PEMBIMBING :

HISAR M. PASARIBU, Ph.D

PROGRAM STUDI TEKNIK AERONOTIKA DAN ASTRONOTIKA

FAKULTAS TEKNIK MESIN DAN DIRGANTARA

INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

2009

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS DAN RANCANGAN ALGORITMA CREW OPERTION PATTERN

(CROPA)

STUDI KASUS PT GARUDA INDONESIA

TUGAS AKHIR SARJANA

OLEH :

BAYU ADI DHARMA

13605018

BANDUNG, 16 SEPTEMBER 2009

TUGAS SARJANA INI DISAHKAN DAN DISETUJUI

OLEH :

PEMBIMBING

HISAR M. PASARIBU, Ph.D

ABSTRAK

Tugas akhir ini membahas tentang *crew operation pattern* (CROPA) dengan metode komputasional. Cropa sendiri adalah metode pengaturan jadwal kerja awak, baik awak kokpit maupun awak kabin, namun tugas akhir ini terkonsentrasi pada analisis awak kokpit saja. Tujuan utama pembuatan cropa dengan metode komputasional ini adalah mendapatkan pengaturan jadwal kerja awak kokpit dengan mudah dan cepat. Pengaturan jadwal kerja awak kokpit haruslah semaksimal mungkin agar semua jadwal penerbangan (*flight leg*) dapat dilayani oleh jumlah pilot yang seefisien mungkin. Dengan jumlah kebutuhan awak kokpit yang semakin efisien, maka biaya operasional airline pada pos biaya awak (*crew cost*) akan lebih rendah.

KATA PENGANTAR

Puji syukur dan rasa terima kasih penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas bimbingan, karunia, dan berkat anugrahNya kepada penulis yang begitu besar sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir berjudul :

"ANALISIS DAN RANCANGAN ALGORITMA CREW OPERTION PATTERN (CROPA)

STUDI KASUS PT GARUDA INDONESIA"

Tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat akhir untuk menyelesaikan program pendidikan strata satu (S-1) pada program studi Teknik Aeronotika dan Astonotika, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung.

Dalam pembuatan dan penyusunan tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara teknis maupun nonteknis. Oleh karenanya penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus atas semua bimbingan dan anugrahNya selama ini.
2. Kedua orang tua penulis dan kedua adik penulis yang selalu mendoakan penulis serta memberikan semangant penulis untuk menyelesaikan tugasnya di ITB ini.
3. Bapak Hisar M. Pasaribu, Ph.D selaku pembimbing yang telah sabar dan berdedikasi membimbing dan mengarahkan penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
4. Bapak Toto Indrianto dan bapak Taufik Mulyanto yang telah meluangkan waktu untuk menjadi penguji tugas akhir penulis.

5. Mahesa Akbar, emon, yang telah menjadi teman sekaligus pengajar yang sabar mengajari penulis, termasuk dalam mengerjakan tugas akhir ini.
6. Teknik penerbangan angkatan 2005, terima kasih buat semua yang telah kita lewati di ITB ini.
7. Para pegawai tata usaha dan perpustakaan yang telah direpotkan penulis.
8. Seseorang yang telah meluangkan waktunya untuk menemani penulis.
9. Semua orang yang telah mendoakan serta memberikan semangat kepada penulis.
10. Berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan penulis satu persatu.

Kepada semua pihak yang telah membantu demi terselesaikannya tugas akhir ini, penulis ucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya.

Penulis sadar bahwa masih banyak kekurangan dalam pembuatan dan penyusunan tugas akhir ini. Pada akhirnya penulis berharap agar tugas akhir ini dapat berguna penulis dan juga pembaca khususnya bagi yang tertarik dalam hal sistem transportasi dan pemrograman.

Bandung, September 2009

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR LAMPIRAN

DAFTAR SINGKATAN

Rute Penerbangan

BPN	Balikpapan	Indonesia
CGK	Cengkareng	Indonesia
DPS	Denpasar	Indonesia
ICN	Incheon	Korea Selatan
JED	Jeddah	Arab Saudi
KIX	Kansai	Jepang
MEL	Melbourne	Australia
MES	Medan	Indonesia
NGO	Nagoya	Jepang
NRT	Narita	Jepang
PER	Perth	Australia
PVG	Pudong	Cina
RUH	Riyadh	Arab Saudi
UPG	Ujung Pandang	Indonesia

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kru adalah salah satu aset yang berharga untuk suatu airline, namun kru juga dapat menimbulkan permasalahan yang cukup signifikan. Problem yang sering muncul pada *Airline Crew Management* adalah *Crew Assignment Problem* (CAP). Problem ini mencakup tentang optimisasi penugasan kru yang diperlukan ke dalam tiap-tiap *flight segment* pada periode yang ditentukan sementara itu harus memenuhi berbagai macam regulasi kerja baik dari otoritas yang berwenang maupun kebijakan dari airline. *Crew airline problem* dapat dipisahkan menjadi dua sub-problem yang dimodelkan dan diselesaikan secara berurutan. Kedua sub-problem ini adalah *Crew Pairing Problem* diikuti oleh *Working Schedules Construction Problem*. Pada sub-problem yang pertama, dicari kemungkinan pasangan dengan biaya yang paling sedikit namun tetap memenuhi regulasi yang berlaku dan mencakup semua *flight segment*. Pada sub-problem yang kedua, *pairing*, masa istirahat, masa pelatihan, dan hal lainnya dikombinasikan untuk membentuk jadwal kerja yang kemudian akan ditugaskan kepada kru yang ada.

Kemajuan kemampuan dan kinerja komputer berkembang sangat pesat saat ini. Seiring dengan berkembangnya teknologi komputer, maka *crew assignment* problem juga mengalami perkembangan dimana pada awalnya diselesaikan secara grafis namun sekarang dapat diselesaikan dengan komputasional. Dengan metode komputasional, masalah *crew assignment* dapat

diselesaikan secara lebih cepat dan menghemat tenaga namun tetap mempertahankan aspek optimisasi.

1.2. Rumusan Masalah

Pada dasarnya hal yang harus dilakukan agar suatu perusahaan jasa transportasi udara dapat terus berkembang adalah memperoleh keuntungan sebesar-besarnya dari produk jasa yang ditawarkannya. Untuk memaksimalkan keuntungan yang diperoleh, efisiensi dalam hal pengeluaran harus dilakukan. Telah diketahui sebelumnya bahwa komponen biaya tertinggi dalam operasi jasa transportasi udara adalah *direct operating cost* dimana komponen terbesarnya adalah *fuel cost*, *fixed aircraft cost* dan juga *crew cost*. Dalam tugas akhir ini, akan dilakukan optimisasi penggunaan kru agar dapat meminimalisir biaya kru.

Tugas akhir ini terkonsentrasi dalam mencari penyelesaian dari crew asignment problem sub-problem *crew pairing* mulai dari tahap *flight schedule*, *crew scheduling*, sehingga didapatkan pasangan rute dengan kebutuhan kru tersendiri. Solusi dari sub-problem *crew pairing* ini harus memenuhi semua batasan operasi yang tercakup pada regulasi yang berlaku.

Selama ini penyelesaian sub-problem *crew pairing* atau *crew opration pattern* dilakukan secara grafis yang menguras tenaga dan waktu. Tugas akhir ini bertujuan untuk mendapatkan algoritma yang akan dipakai untuk menyelesaikan sub-problem *crew operation* secara grafis dan membentuk menjadi sebuah skrip yang jika diberikan masukan berupa *flight schedule* untuk jenis pesawat tertentu, akan memunculkan jumlah kru minimum yang diperlukan. Selain itu tugas akhir

ini juga akan membandingkan antara hasil yang didapat dari penyelesaian permasalahan crew pairing menggunakan dua metode yang berbeda yaitu metode manual secara grafis dan metode komputasional.

1.3. Batasan Masalah

Efisiensi saat ini mutlak dilakukan untuk mengatasi dampak persaingan antar perusahaan jasa transportasi udara yang semakin kompetitif. Efisiensi diharapkan dapat menekan biaya operasi, dalam hal ini adalah biaya kru.

Bagi perusahaan airline, problem *crew assignment* adalah aspek ekonomi yang sangat penting dimasa persaingan yang sangat ketat. Biaya kru merupakan salah satu komponen terbesar dalam *direct operating cost* dan penghematan dapat dilakukan dengan cara menyelesaikan problem crew assignment secara optimal.

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa problem *crew assignment* terdiri atas dua sub-problem yang harus diselesaikan secara bekesinambungan. Dalam tugas akhir ini, yang akan dilakukan hanya terbatas pada metode komputasional sub-problem *crew operation pattern* yang berisikan *flight Schedule* yang diasosiasikan dengan *crew scheduling* yang pada akhirnya akan menghasilkan jumlah minimum crew yang diperlukan untuk menjalankan semua *flight Schedule* yang diberikan. Studi kasus yang dilakukan adalah studi kasus pada airline nasional terbesar di Indonesia, Garuda Indonesia. *Flight schedule* Garuda Indonesia yang akan dioptimisasi merupakan jedwal reguler tanpa mempertimbangkan penerbangan khusus atau VIP.

Dalam melakukan optimisasi, ada beberapa regulasi yang harus dipenuhi. Dalam studi kasus yang akan dilakukan, regulasi yang digunakan merupakan regulasi yang dikeluarkan oleh otorita kelaikan udara nasional Indonesia serta BOM yang dikeluarkan oleh Garuda Indonesia.

Flight schedule yang akan dilakukan assignment akan dibatasi khusus untuk jadwal penerbangan rute-rute yang dilayani oleh pesawat berbadan lebar (*wide body*) yang dimiliki Garuda Indonesia yaitu B747-400 dan A330-300. Jenis pesawat B747-400 dan A330-300 dipilih untuk membatasi cakupan optimisasi karena terdapat batasan bahwa tiap crew memiliki sertifikasi untuk jenis pesawat yang berbeda sehingga crew B747-400 tidak boleh dipakai untuk mengemudikan A330-300.

1.4. Tujuan

Penyelesaian sub-problem crew pairing yang dilakukan pada tugas akhir ini pada dasarnya bertujuan untuk :

a. Mengerti dan memahami optimisasi sub-problem *crew operation pattern* yang selama ini dilakukan dengan cara grafis.
b. Memperoleh logic dan juga algoritma yang dilakukan selama optimisasi secara grafis dan membentuk script otomatisasi dari optimisasi tersebut.
c. Membuat suatu program optimisasi otomatis berdasarkan script yang diperoleh dengan masukan flight schedule.

d. Mendapatkan jumlah kru minimum yang dapat mencakup seluruh flight schedule yang diberikuan pada kurun waktu tertentu dan memenuhi regulasi yang berlaku.
e. Mendapatkan perbandingan antara hasil optimisasi yang dilakukan secara grafis dengan hasil yang didapatkan oleh optimisasi komputasional.
f. Memberikan wawasan kepada pembaca mengenai prosedur opmisisasi yang dilakukan oleh sebuah airline.

1.5. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pembaca untuk memahami isi dari tugas akhir ini, dalam penyusunan tugas akhir ini penulis membagi laporan menjadi beberapa bab. Pembagian dan penjelasan isi dari masing-masing bab dijelaskan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang pembahasan latar belakang pengambilan topik permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini, perumusan masalah yang ada, batasan permasalahan yang akan dicari penyelesaiannya dalam tugas akhir ini, tujuan dilakukannya tugas akhir ini, serta sistematika penyajian hasil penyelesaian tugas akhir ini.

BAB II DASAR TEORI CREW OPERATION PATTERN

Bab ini menjelaskan pembahasan dasar teori yang melandasi dalam mencari solusi dari sub-problem crew operation pattern sehingga didapatkan

design requirement and objective (DR&O) program otomatisasi sub-problem *crew operation pattern*. Bab ini juga membahas perbandingan metode komputasional yang akan dipakai dalam membangun program optimisasi sub-problem crew operation pattern.

BAB III ANALISIS DAN PROGRAMMING

Bab ini akan menjelaskan analisis yang dilakukan untuk mendapatkan logic serta algoritma yang dilakukan selama optimisasi sub-problem *crew operation pattern* secara grafis. Dijelaskan pula pada bab ini tentang proses desain berdasarkan design requirement and objective yang telah ditentukan pada bab II untuk membangun *script* program optimisasi komputasional sub-problem *crew operation pattern*.

BAB IV VALIDASI OPTIMISASI DAN STUDI KASUS

Bab ini akan menjelaskan tentang perbandingan hasil optimisasi sub-problem crew operation pattern yang dilakukan secara grafis dengan komputasional. Perbandingan hasil optimisasi yang ditinjau dari segi penghematan biaya juga dilakukan pada bab ini. Studi kasus yang diambil pada tugas akhir ini, flight schedule B747-400 dan A330 Garuda Indonesia, akan dibahas dalam bab ini.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan kesimpulan yang diambil berdasarkan hasil analisis, validasi, serta studi kasus yang telah dilakukan pada bab III dan IV. Bab ini juga akan menampilkan saran yang penulis kemukakan berdasarkan kesimpulan yang telah diambil.

BAB II

DASAR TEORI CREW OPERATION PATTERN

2.1. Teori Crew Operation Pattern / Crew Pairing

Sub-problem pertama yang populer dan yang muncul dalam melakukan optimasi penggunaan crew (Crew Assignment Problem) adalah sub-problem *crew operation pattern* atau *crew pairing*. *Crew operation pairing* mencakup permasalahan pembentukan set jadwal penerbangan dengan kebutuhan biaya kru minimum yang dapat melayani semua *flight segment* yang ada. *Crew pairing* sendiri adalah segmen penerbangan yang dioperasikan oleh satu set awak kokpit yang berangkat dan kembali ke base yang sama dan dipisahkan oleh *connection flight* ataupun masa istirahat kerja.

Selama proses menyelesaikan problem *crew pairing*, dilakukan terlebih dahulu optimisasi pengelolaan jadwal kerja awak kokpit atau *crew schedulling* agar menjadi lebih optimal.

Dalam melakukan penjadwalan kerja awak kokpit, ada batasan-batasan (*constraints*) yang harus dipenuhi. Batasan-batasan tersebut antara lain adalah hasil dari regulasi yang diberlakukan oleh otoritas transportasi udara sebuah negara (regulasi briefing *time*, regulasi batas waktu koneksi maksimum, regulasi batas maksimum *flight service* yang diperbolehkan, regulasi durasi terbang maksimum, regulasi durasi terbang malam, regulasi waktu istirahat minimum sebelum melakukan tugas kembali) dan juga beberapa aturan yang disepakati awak kokpit dengan airline (batasan take-off dan landing maksimum).

Contoh optimisasi pengelolaan jadwal kerja awak kokpit adalah ketika satu set awak kokpit (captain dan first officer) dengan batasan durasi terbang maksimum selama sembilan jam namun hanya dijadwalkan pada penerbangan dengan durasi terlalu pendek (misalnya CGK-DPS dengan durasi terbang tiga jam). Untuk memaksimalkan waktu kerja set awak kokpit tersebut, dilakukan penambahan jadwal penerbangan lainnya seperti JOG-DPS dan CGK-JOG sehingga total jadwal penerbangan yang dapat dikerjakan oleh satu set awak kokpit tersebut menjadi CGK-JOG-DPS-JOG-DPS dengan waktu tempuh kurang lebih 8,5 jam.

2.2. Aspek Flight Service Generation

Dalam membangun jadwal penerbangan yang akan dilayani oleh sebuah set awak kokpit, harus didefinisikan terlebih dahulu batasan kerja yang berlaku. Batasan-batasan kerja tersebut diatur dalam regulasi otoritas transportasi udara maupun kebijakan airline.

Beberapa aspek yang harus diperhatikan dalam membangun flight service atau *flight schedulling* antara lain :

a. Waktu kerja

Waktu kerja awak kokpit diklasifikasikan menjadi dua yaitu *Flight Time* dan *Flight Duty Time*. *Flight Time* adalah waktu kerja awak kokpit yang dihitung mulai dari pesawat mulai melakukan *ground manuvre* (sebelum *take-off*), *take off*, *landing*, *parking*, hingga proses *engine shut down*. *Flight duty time* adalah waktu kerja awak kokpit yang dihitung mulai

berangkat dari base, melapor kepada bandara, melakukan penerbangan, termasuk waktu koneksi, melapor kembali, hingga waktu pulang (*off duty*). *Flight duty* time adalah penjumlahan dari *flight time* dengan *pre-post journey activities* sekitar 90 menit.

b. Batasan kerja

Batasan kerja disini adalah durasi maksimum kerja pegawai sebuah *airline* dalam hal ini awak kokpit yang diperbolehkan dalam jangka waktu tertentu. Batasan kerja ini telah diatur oleh otoritas transportasi udara lokal yang dituangkan kedalam bentuk regulasi seperti CASR ataupun FAR. Batasan kerja juga ditentukan poleh kebijakan airline tempat awak kokpit tersebut bekerja. Batasan kerja ini harus memenuhi aturan maupun undang-undang ketenagakerjaan yang berlaku baik secara nasional maupun internasional jika awak kokpit tersebut dijadwalkan melayani penerbangan internadsional. Batasan kerja ini bertujuan untuk tetap menjaga kualitas kerja awak kokpit menyangkut masalah keselamtan penerbangan.

c. Jumlah awak kokpit

Jumlah awak kokpit yang biasa dipakai sebuah airline dapat berupa *standard crew* maupun *extended crew*. *Standard crew* terdiri atas satu orang *captain* (pilot) dan satu orang *first officer* (co-pilot) dengan batasan *flight time* maksimum sembilan jam. *Extended crew* terdiri dari satu orang *captain*, satu orang *first officer* dan satu orang pilot cadangan dengan batasan flight time maksimum 14 jam. Dalam pelaksanaan *extended crew*, masing-masing pilot harus membagi *flight time*. Pembagian *flight*

time tersebut tidak harus merata namun dengan pertimbangan batas flight time seorang pilot tidak boleh melebihi sembilan jam.

d. Biaya

Tujuan akhir dari optimisasi penggunaan kru ini adalah dicapainya efisiensi penggunaan kru sehingga dapat menekan biaya kru tersebut. *Crew schedulling* yang optimum dan paling efisien didapatkan jika biaya yang dibutuhkan dalam operasi penerbangan tersebut minimum. Penerapan *extended crew* pada beberapa kasus jadwal penerbangan dapat meminimalisasi biaya operasi khususnya *crew cost*.

2.3. Batasan Regulasi

Dalam menyelesaikan sub-problem *crew pairing*, batasan dari regulasi yang berlaku harus didefinisikan terlebih dahulu. Regulasi yang dipakai dalam menyelesaikan sub-problem *crew pairing* ini adalah regulasi otoritas transportasi udara Indonesia CASR dan juga regulasi internal *airline*, dalam hal ini BOM (*Basic Operating Manual*) Garuda Indonesia.

2.3.1 Regulasi CASR

Batasan regulasi yang paling berpengaruh dalam menyelesaikan sub-problem *crew pairing* adalah tentang waktu kerja (flight time dan flight duty time). CASR yang membahas masalah waktu kerja ini adalah CASR 121. Regulasi yang tercantum dalam CASR 121 mengenai waktu kerja antara lain adalah :

a. CASR 121.472 Batasan *Flight Duty Time*

- Batasan *flight duty time* awak kokpit adalah 14 jam dalam 24 jam secara berurutan.

b. CASR 121.481 Batasan *Flight Time* dan Istirahat : Dua Pilot

- Sebuah pesawat dengan dua awak kokpit mempunyai batasan *flight time* maksimum sembilan jam dalam 24 jam.
- *Flight time* maksimum pada transportasi udara atau pada penerbangan komersial untuk masing-masing awak adalah :

  1050 jam dalam satu tahun kalender

  110 jam untuk satu bulan

  30 jam untuk tujuh hari berturut-turut

c. CASR 121.483 Batasan *Flight Time* dan Istirahat : Dua Pilot dan Satu Awak Kokpit Tambahan

- Sebuah pesawat dengan dua awak kokpit dan satu awak tambahan memiliki batasan *flight time* maksimum 12 jam dalam 24 jam.
- Jika pilot telah terbang 20 jam atau lebih dalam kurun waktu 48 jam atau 24 jam atau lebih dalam krun waktu 72 jam, maka seharusnya diberikan waktu istirahat sekurang-kurangnya 18 jam sebelum memulai tugas baru kembali. Pada beberapa kasus penerbangan, awak kokpit diberikan waktu istirahat selama 24 jam.
- Flight time maksimum pada transportasi udara atau pada penerbangan komersial adalah :
  - 120 jam untuk 30 hari

Dengan batasan flight time maksimum 12 jam dalam satu hari dan batasan maksimum pilot sebelum istirahat adalah 24 jam selama 72 jam berturut-turut, maka batasan *flight time* maksimumnya diperkirakan :

$$12 \times 30 \times \frac{24}{72} = 120\ jam$$

- 300 jam untuk 90 hari

  Dengan pertimbangan masa cuti, izin sakit, dan hal lain (tergantung dari airline) sebesar 20%, maka *flight time* maksimum untuk 90 hari adalah :

$$(100\% - 20\%) \times 120 \times \frac{90}{30} = 288\ jam$$

  Sehingga masih memenuhi regulasi CASR sebesar 300 jam.

- 1050 jam untuk 12 bulan

  Dengan pertimbangan masa cuti, izin sakit, dan hal lain (tergantung dari airline) sebesar 20%, maka *flight time* maksimum untuk 12 bulan adalah :

$$(100\% - 20\%) \times 300 \times \frac{12}{3} = 960\ jam$$

  Sehingga masih memenuhi regulasi CASR sebesar 1050 jam.

Dengan batasan yang telah disebutkan diatas, maka batasan *flight time* maksimum untuk *standard crew* dan *extended crew* diberikan ke dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 2.3-1 Tabel flight time maksimum awak kabin dalam jangka waktu tertentu

Jangka Waktu	30 Hari	90 Hari	12 Bulan
Flight time maksimum	120 jam	288 jam	960 jam

Batasan flight time maksimum pada tabel 2.3-1 akan dijadikan acuan dalam menyelesaikan sub-problem crew pairing.

2.3.2 Regulasi Basic Operation Manual Garuda Indonesia

Selain batasan regulasi yang diberikan oleh otoritas transportasi udara yang berlaku (CASR), untuk menyelesaikan sub-problem *crew pairing* ini diperlukan juga batasan yang diberlakukan oleh penyelenggara jasa transportasi. Regulasi dari perusahaan penyelenggara yang akan digunakan dalam tugas akhir ini adalah Basic Operation Manual (BOM) Garuda Indonesia. Pada dasarnya pada BOM ini telah diimplementasikan regulasi dari CASR, namun ada beberapa regulasi yang dibuat khusus oleh pihak Garuda Indonesia. Peraturan-peraturan khusus tersebut antara lain adalah

- *Flight Duty Time*

  Flight duty time yang didefinisikan dalam BOM terdiri dari *reporting time* (*pre and post jurney*), *flight time*, dan juga *transit time*. *Reporting time* adalah waktu yang dipergunakan oleh awak kokpit untuk melapor ke bandara sebelum dan sesudah melakukan penerbangan. Lama *reporting time* biasanya berkisar 90 menit. *Transit time* adalah waktu diantara dua penerbangan, terdiri atas *service* dan keluar-masuknya penumpang. Biasa waktu transit time ini berkisar antara 45 menit hingga 120 menit.

- Rest Period

  Rest period adalah waktu yang diberikan kepada awak kokpit untuk beristirahat setelah menempuh batasan maksimum dari *flight time* dan *flight duty time*. Pada kasus *standard crew*, *rest period* minimum yang diberikan adalah 18 jam. Batasan *rest period* minimum selama 18 jam ini juga berlaku apabila *flight duty time* awak kokpit dalam kurun waktu 48 jam telah mencapai 20 jam atau dalam kurun waktu 72 jam telah mencapai 24 jam.

2.3.3 Kebijakan Perusahaan Garuda Indonesia

Kebijakan perusahaan yang berlaku pada perusahaan Garuda Indonesia merupakan kebijakan tak tertulis yang dilakukan perusahaan, bukan berdasarkan peraturan yang telah ada, namun berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tertentu. Beberapa kebijakan perusahaan yang berkaitan pada proses CROPA dijelaskan seperti di bawah ini :

a. *Flight Duty Time* (FDT) hanya 80% dari total FDT yang ditetapkan CASR dan BOM Garuda Indonesia. Kebijakan ini untuk mengantisipasi masalah *divert* (ketika waktu pesawat di udara harus bertambah lama karena kondisi kepadatan bandara yang akan dituju dan sebab lainnya) dan juga masalah *delay* (penundaan waktu keberangkatan pesawat).

b. *Landing* minimum 3 kali sebelum mamasuki *crew free duty* (bebas tugas). Dengan landing minimum 3 kali sebelum *crew free duty*, perusahaan mengharapkan waktu kerja (*flight duty time*) yang lebih optimum dan mendekati betas maksimumnya. Untuk kasus rute

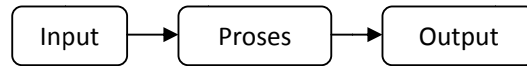
internasional, dimana *flight timenya* mendekati 9 jam atau lebih, maka landing 2 kali sebelum *crew free duty* diperbolehkan.

c. *Landing* maksimum 4 kali sebelum *crew free duty*. Kebijakan ini dibuat karena keterbatasan fisik manusia, dalam hal ini kelelahan yang dialami pilot. Jika pilot terlalu kelelahan, maka kinerja pilot dalam mengoperasikan pesawat menjadi tidak optimum dan dapat berdampak pada keselamatan penerbangan.

d. Pemilihan rute *extended crew* karena adanya keterbatasan pilot dalam hal jam kerja. Karena adanya keterbatasan pilot, maka perusahaan harus menentukan rute-tute mana saja yang harus dilayani oleh *extended crew* maupun *standard crew*. Pemilihan ini didasarkan pada kesepakatan dengan awak.

2.4. Proses Crew Pairing atau Crew Operation Pattern

Dalam melakukan proses *crew pairing*, harus dipahami terlebih dahulu batasan-batasan serta aturan yang berkaitan tentang *crew pairing*, sehingga didapatkan hasil penjadwalan yang seoptimal mungkin tanpa melanggar aturan-aturan yang diberlakukan baik oleh perusahaan maupun otoritas penerbangan sipil.

Dalam menyelesaikan permasalahan crew pairing secara komputasional, digunakan diagram alir yang akan digunakan sebagai dasar dalam pemrograman *software crew pairing*. Diagram alir dasar dijelaskan sebagai berikut :

Gambar 2.4-1 Diagram alur pemrograman

Input yang dipergunakan merupakan jadwal penerbangan tipe pesawat tertentu yang berupa jam keberangkatan pada bandara tertentu serta jam kedatangan pada bandara yang lain. Contoh input yang diberikan oleh Garuda Indonesia adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4-1 Tabel jadwal penerbangan PT Garuda Indonesia

	MONDAY					TUESDAY				
		0900		**1410**	**2220**		**0900**		**1410**	**2220**
	0200		**1225**	**1510**		**0200**		**1225**	**1510**	
1	**NRT**	**DPS**	**DPS**	**CGK**	**NRT**	**NRT**	**DPS**	**DPS**	**CGK**	**NRT**

Angka-angka pada tabel 2.4-1 baris pertama mewakili jam kedatangan. Sedangkan baris kedua mewakili jam keberangkatan. Beris ketiga merupakan kota keberangkatan atau kedatangan. Contohnya pada hari senin terdapat jadwal penerbangan NRT-DPS yang berangkat dari NRT pada pukul 02.00 dan tiba di DPS pada pukul 09.00.

Proses yang dilakukan pada penyelesaian *crew pairing* ini meliputi beberapa hal sebelum pada akhirnya dihasilkan *output* berupa kebutuhan online pilot maupun co-pilot. Proses tersebut meliputi :

a. Penentuan variabel jadwal yang akan ditugaskan

Proses penentuan variabel jadwal ini meliputi penentuan kota keberangkatan, kota kedatangan, hari keberangkatan, serta lama penerbangan.

b. Penentuan kondisi pilot yang akan ditugaskan

   Proses ini menentukan variabel-variabel pilot yang bisa melayani jadwal yang akan di assign sesuai dengan batasan-batasan dan aturan yang telah ditentukan.

c. Pencarian pilot

   Proses ini menentukan pilot yang memiliki variabel-variabel yang telah memenuhi persyaratan sesuai dengan batasan-batasan dan peraturan yang berlaku.

BAB III

ANALISIS DAN PROGRAMMMING

3.1. Pendahuluan

Langkah awal dalam melakukan proses perhitungan kebutuhan pilot adalah mempelajari ketentuan dan regulasi yang berlaku. Peraturan dan regulasi yang dipergunakan dalam proses analisis dan *programming* ini adalah peraturan dan regulasi yang diberlakukan oleh otoritas penerbangan dan juga perusahaan, dalam hal ini adalah PT Garuda Indonesia. Setelah garis besar peraturan dan regulasi tersebut didapatkan, barulah dilakukan analisis untuk mencari solusi *crew operation pattern* dengan metode komputasional. Hasil akhir dari analisis dan *programming* yang dilakukan adalah didapatkannya kebutuhan pilot untuk menjalankan jadwal penerbangan yang ada.

Adapun yang termasuk awak penerbangan yaitu :

a. *Captain* (CP)

   Captain adalah jabatan seorang pilot yang telah memiliki sertifikasi ATPL (*Airline Transport Pilot Lisence*) dan juga berkualifikasi untuk menerbangkan pesawat sesuai dengan kriteria yang diajukan DGCA (*Directorate General of Civil Aviation*). Seorang captain dapat memiliki tugas dan otoritas sebagai seorang *pilot in command* (PIC),dan juga *second in command* (SIC).

   Sertifikasi ATPL adalah tingkatan tertinggi kemampuan pilot. Pilot yang memiliki lisensi ini juga diperkenankan menerbangkan pesawat dengan

awak (dua awak atau lebih)atau pesawat dengan penumpang atau kargo besar. Sertifikasi ATPL mensyaratkan minimum 1500 jam terbang

b. First Officer

First officer adalah jabatan seorang pilot yang telah memiliki sekurang-kurangnya *instrument* rating CPL dan berkualifikasi untuk menerbangkan pesawat namun membutuhkan jam terbang lebih sebagai co-pilot agar memenuhi syarat sebagai *captain* pilot sesuai dengan yang disyaratkan oleh DGCA. Seorang first officer mempunyai tugas dan otoritas sebagai seorang co-pilot selama penerbangan.

Sertifikasi CPL (*Commercial Pilot Licence*) memberikan kewenangan pilot pemegang lisensi ini untuk menerbangkan pesawat bermesin tunggal atau ganda, diperkenankan untuk membawa penumbang baik berbayar maupun tidak, dan juga diperkenankan untuk penerbangan komersial tanpa awak (sebatas penerbangan baliho, penyemprotan kebun, pemadam api, pencitraan udara, atau bahkan instruktur terbang). Selain itu juga diperkenankan untuk melakukan penerbangan malam hari. CPL adalah syarat minimum pilot komersial. Sertifikasi CPL mensyaratkan 200 jam terbang.

3.2. Studi Spesifikasi

Spesifikasi batasan jumlah awak kokpit sesuai regulasi dan aturan yang diberlakukan oleh PT Garuda Indonesia dijelaskan seperti dibawah ini :

a. *Standard crew* untuk B747-400 dan A330 adalah dua pilot. Hanya satu pilot yang bertindak sebagain *pilot in command* serta satu pilot yang lain bertindak sebagai first officer pada suatu penerbangan.

b. *Extended crew* untuk B747-400 dan A330 adalah tiga atau empat pilot. Pertimbangan penggunaan *extended crew* ini didasari apabila jumlah *flight time* atau *flight duty time* untuk seorang pilot dan seorang co-pilot kurang memenuhi waktu kerjanya untuk menerbangkan suatu rute penerbangan sehingga diperlukan tambahan satu hingga dua pilot agar *flight time* maupun *flight duty time* pilot dalam penerbangan tersebut terpenuhi.

c. *Flight duty time* awak kokpit diatur sebagai berikut :

    - *Standard crew*, maksimum 14 jam dari 24 jam berurutan
    - *Extended crew* dengan *flight relief facility seat* (FRFS), maksimum 17 jam dengan maksimum 12 jam untuk setiap awak kokpit. *Flight relief facility seat* adalah tempat duduk yang digunakan untuk istirahat *extended crew*
    - *Extended crew* dengan *flight relief facility bunk* (FRFB), maksimim 20 jam dengan maksimum 14 jam untuk setiap awak kokpit. *Flight relief facility bunk* adalah sebuah tempat istirahat horizontal dan terpisah dari penumpang yang bisa digunakan untuk istirahat *extended crew*.

d. *Flight time* awak kokpit diatur sebagai berikut :

    - *Standard crew* maksimum 9 jam dalam 24 jam berturut-turut, 300 jam dalam jangka waktu 30 hari, 110 jam dalam jangka waktu satu bulan, dan 1000 jam dalam jangka waktu satu tahun.

- *Extended crew* dengan *flight relief facility seat*, maksimum 14,5 jam dalam jangka waktu 24 jam.
- *Extended crew* dengan *flight relief facility bunk*, maksimum 18 jam dalam jangka waktu 24 jam.

e. *Rest Period* awak kokpit diatur sebagai berikut

- *Rest period* merupakan waktu istirahat awak kokpit diantara dua jadwal penerbangan.
- *Rest period* diberikan karena waktu kerja awak kokpit (*flight time* maupun *flight duty time* tidak mencukupi untuk melakukan penerbangan selanjutnya namun jumlah landing maksimum belum tercapai.

Spesifikasi diatas nantinya akan dijadikan batasan dalam melakukan pembentukan algoritma program dalam menyelesaikan permasalahan *crew operation pattern*.

3.3. Penentuan Kebutuhan Jumlah Captain dan First Officer Berdasarkan Metode Komputasional

Untuk mempermudah dalam melakukan analisis serta programming untuk menyelesaikan permasalahan *crew operating pattern*, penulis menggunakan software MATLAB untuk penulisan code dalam tahap *programming*.

Proses yang dilakukan dalam *programming* dipisahkan menjadi tiga komponen utama agar program yang dibuat dapat digunakan dengan baik dan mudah dioperasikan. Ketiga komponen tersebut adalah input, proses, serta output.

3.3.1 Input

Input yang akan digunakan program yang akan dibangun adalah berupa jadwal keberangkatan dan kedatangan yang diberikan oleh airline, untuk kasus ini adalah PT Garuda Indonesia. Jadwal keberangkatan dan kedatangan yang diberikan oleh PT Garuda Indonesia ditunjukan dalam bentuk tabel seperti dibawah ini :

Tabel 3.3-1 Tabel jadwal penerbangan PT Garuda Indonesia

	MONDAY					**TUESDAY**				
		0900		**1410**	**2220**		**0900**		**1410**	**2220**
	0200		**1225**	**1510**		**0200**		**1225**	**1510**	
1	**NRT**	**DPS**	**DPS**	**CGK**	**NRT**	**NRT**	**DPS**	**DPS**	**CGK**	**NRT**

Untuk jadwal keberangkatan dan kedatangan pada tabel 3.3-1, maka dapat diketahui bahwa pesawat nomor satu pada hari senin akan melayani jadwal NRT-DPS, berangkat dari NRT pukul 02.00 dan tiba di DPS pukul 09.00.

Untuk mempermudah dalam pembuatan kode programming, maka bentuk input pada tabel 3.3-1 harus diubah terlebih dahulu ke dalam bentuk yang lebih sistematis. Input yang nantinya akan dipakai dalam perhitungan melingkupi nomor pesawat, nomor leg, nama leg, kota keberangkatan, kota kedatangan, waktu dan hari keberangkatan, waktu dan hari kedatangan, lama waktu tempuh (flight time), serta keterangan apakah untuk pesawat tersebut dilayani oleh *standard crew* maupun *extended crew*. Keterangan *extended* atau *standard crew*

ini merupakan inputan dari pengguna dengan didasari apakah ada leg time yang melebihi batasan flight time pilot dalam sehari. Misalkan jika suatu pesawat melakukan penerbangan melebihi sembilan jam dalam sekali perjalanan, maka set awak kokpit yang dapat melayani rute tersebut hanyalah set *extended crew*.

Bentuk input yang telah diubah ditunjukan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 3.3-2 Tabel jadwal penerbangan untuk input software

Aircraft	no.leg	Leg	Start City	Arrival City	Start Day	Arrival Day	Start Hour	Arrival Hour	Leg Time	min			pesawat	extended
2	1	1 – 2	1	2	1	1	0 06:10	0 15:30	09.20	560			2	1
2	2	2 – 1	2	1	1	2	0 17:00	1 02:50	09.50	590				
2	3	1 – 2	1	2	2	2	1 06:10	1 15:30	09.20	560				
2	4	2 – 1	2	1	2	3	1 17:00	2 02:50	09.50	590				
2	5	1 – 2	1	2	3	3	2 06:10	2 15:30	09.20	560				
2	6	2 – 1	2	1	3	4	2 17:00	3 02:50	09.50	590			keterangan	
2	7	1 – 2	1	2	4	4	3 06:10	3 15:30	09.20	560			cgk	1
2	8	2 – 1	2	1	4	5	3 17:00	4 02:50	09.50	590			jed	2
2	9	1 – 2	1	2	5	5	4 06:10	4 15:30	09.20	560				
2	10	2 – 1	2	1	5	6	4 17:00	5 02:50	09.50	590				
2	11	1 – 2	1	2	6	6	5 06:10	5 15:30	09.20	560				
2	12	2 – 1	2	1	6	7	5 17:00	6 02:50	09.50	590				

2	13	1 – 2	1	2	7	7	6 06:10	6 15:30	09.20	560				
2	14	2 – 1	2	1	7	1	6 17:00	7 02:50	09.50	590				

3.3.2 Proses

Dalam melakukan *programming*, terlebih dahulu yang harus dilakukan adalah menentukan pola algoritma yang akan digunakan.

Program yang akan dibuat ini masih merupakan inisialisasi program untuk menyelesaikan permasalah *crew operation pattern*, sehingga dalam prosesnya, masih harus dilakukan beberapa proses manual. Untuk program yang akan dibuat dalam tugas akhir ini, proses yang dilakukan didominasi oleh pengecekan input yang ada menggunakan batasan – batasan yang telah didefinisikan di awal bab ini. Batasan – batasan yang akan digunakan dalam program ini antara lain adalah flight time, *flight duty time*, *rest period*, serta jumlah *take off landing*.

Diagram alir untuk proses analisis *flight duty time* serta *flight time* ditunjukan sebagai berikut :

Gambar 3.3-1 **Diagram alir analisis flight time dan flight duty time**

Diagram alir untuk analisis rest period ditunjukkan sebagai berikut :

Gambar 3.3-2 Diagram alir analisis rest period

3.3.2.1 Variabel

Dalam proses programming, langkah setelah menyusun algoritma adalah menentukan variabel-variabel yang akan digunakan program dalam melakukan proses-proses yang telah didefinisikan dalam algoritma.

Variabel-variabel yang digunakan dalam algoritma pemrograman *crew pairing* ini dibagi menjadi variabel input, yang berisi variabel jadwal penerbangan, serta variabel pilot yang akan ditugaskan untuk melayani penerbangan yang dimaksud. Variabel-variabel tersebut adalah :

a. Variabel input :
    - Nomor pesawat
    - Nomor leg
    - Nama leg
    - Kota keberangkatan (origin)
    - Kota kedatangan (destination)
    - Hari penerbangan
    - Leg time

b. Variabel pilot :
    - Nomor pilot
    - Kota keberadaan pilot
    - Hari terakhir pilot bertugas
    - Flight time terakhir pilot bertugas
    - Jumlah flight time pilot selama kurun waktu tertentu

3.3.2.2 Constraints

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa untuk menyelesaikan permasalahan crew pairing, terdapat batasan-batasan serta aturan yang harus dipenuhi terlebih dahulu. Dalam penyusunan *script* pemrograman ini, harus didefinisikan terlebih dahulu batasan-batasan (*constraints*) yang diperlukan. *Constraint* yang digunakan dalam pemrograman ini didefinisikan berdasarkan aturan yang

tercantum dalam BOM (basic operation manual) PT Garuda Indonesia serta analisis trend dari *assignment* jadwal-jadwal yang telah dilakukan secara manual dengan metode grafik.

Berdasarkan analisis flight time, rest period, dan melihat trend pemakaian awak kabin, maka didapatkan batasan-batasan penggunaan crew yang akan di *assign* kepada jadwal-jadwal yang ada. Batasan-batasan untuk *standard crew* ditunjukan dalam tabel seperti di bawah ini :

Tabel 3.3-3 Tabel batasan-batasan proses iterasi software standard crew

Jadwal :		Jadwal :	
Day :	b	Day :	b
Start City :	c	Start City :	c
Leg Time :	120≤leg time≤540	Leg Time :	leg time<120
Dapat dilayani oleh pilot dengan kondisi sebagai berikut :			
Daypilot :	b	Daypilot :	b
City Pilot :	c	City Pilot :	c
FT terakhir :	ft akhir<120	FT terakhir :	ft akhir<120
Jumlah FT :	jumlah ft≤1680	Jumlah FT :	jumlah ft≤1680
Syarat lain :	ft akhir+leg time≤540	Syarat lain :	ft akhir+leg time≤540
Daypilot :	b-1	Daypilot :	b-1
City Pilot :	c	City Pilot :	c
FT terakhir :	ft akhir<120	FT terakhir :	ft akhir<120
Jumlah FT :	jumlah ft≤1680	Jumlah FT :	jumlah ft≤1680
Syarat lain :	ft akhir+leg time>540	Syarat lain :	ft akhir+leg time>540
Daypilot :	b-2	Daypilot :	b-2

City Pilot : FT terakhir : Jumlah FT : Syarat lain :	c 120≤ft akhir≤540 jumlah ft≤1680 ft akhir+leg time>540	City Pilot : FT terakhir : Jumlah FT : Syarat lain :	c 120≤ft akhir≤540 jumlah ft≤1680 ft akhir+leg time>540
Keterangan : Daypilot : Hari terakhir pilot menjalankan leg City Pilot : Kota keberadaan pilot setelah menjalakan leg terakhir FT terakhir : Flight time terakhir pilot menjalankan leg Jumlah FT : Jumlah flight time pilot selama seminggu			

Sedangkan batasan-batasan untuk *extended crew* ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

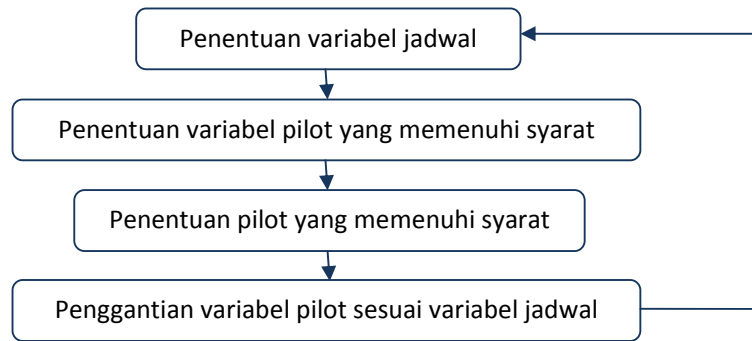
Tabel 3.3-4 Tabel batasan-batasan proses iterasi software extended crew

Jadwal :		Jadwal :	
Day : Start City : Leg Time :	b c 240≤leg time≤720	Day : Start City : Leg Time :	b c leg time<240
Dapat dilayani oleh pilot dengan kondisi sebagai berikut :			
Daypilot : City Pilot : FT terakhir : Jumlah FT : Syarat lain :	b c ft akhir<240 jumlah ft≤1680 ft akhir+leg time≤720	Daypilot : City Pilot : FT terakhir : Jumlah FT : Syarat lain :	b c ft akhir<240 jumlah ft≤1680 ft akhir+leg time≤720
Daypilot :	b-1	Daypilot :	b-1

City Pilot : FT terakhir : Jumlah FT : Syarat lain :	c ft akhir<240 jumlah ft≤1680 ft akhir+leg time>720	City Pilot : FT terakhir : Jumlah FT : Syarat lain :	c ft akhir<240 jumlah ft≤1680 ft akhir+leg time>720
Daypilot : City Pilot : FT terakhir : Jumlah FT : Syarat lain :	b-2 c 240≤ft akhir≤720 jumlah ft≤1680 ft akhir+leg time>720	Daypilot : City Pilot : FT terakhir : Jumlah FT : Syarat lain :	b-2 c 240≤ft akhir≤720 jumlah ft≤1680 ft akhir+leg time>720

Berdasarkan batasan-batasan pada tabel 3.3-3 dan tabel 3.3-4,maka pada proses selanjutnya akan dilakukan iterasi untuk menentukan pilot yang paling memenuhi persyaratan diatas. Proses iterasi dijelaskan pada subbab berikutnya.

3.3.2.3 Proses Iterasi

Proses iterasi adalah proses yang dilakukan berulang-ulang dalam mengolah input hingga didapatkan hasil yang diinginkan. Proses iterasi yang dilakukan dalam pemrograman *crew pairing* ini ditunjukan dalam diagram alir sebagai berikut :

Gambar 3.3-3 Diagram Alir proses iterasi software

Didalam proses penentuan variabel pilot yang memenuhi syarat, terdapat proses analisis *flight time* pilot serta proses analisis *rest period*.

3.3.3 Algoritma

Dengan melihat proses input serta proses lain yang harus dilakukan dalam menyelesaikan permasalahan crew pairing, maka didapatkan algoritma dasar program yang akan dibuat.

Dari sekian banyak bahasa pemrograman yang ada, untuk penyusunan algoritma dan pembuatan program dalam tugas akhir ini dipilih bahasa pemrograman yang dipakai dalam software MATLAB. MATLAB merupakan salah satu software multi fungsi yang sering digunakan di bidang kerekayasaan. Software MATLAB ini dipilih karena memiliki bahasa pemrograman tersendiri yang cukup mudah digunakan yaitu *scipt* m-file. Script m-file sendiri merupakan bahasa pemrograman yang memiliki dasar yang hampir sama dengan bahasa pemrograman *pascal*.

Algoritma program yang akan dibuat ditunjukan dengan menggunakan bahasa pemrograman *script* m-file pada lampiran A.

3.4. Software Crew Pairing

Tujuan dari pemrograman adalah mendapatkan sebuah software yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah script M-file selesai dibuat berdasarkan algoritma yang ada, script tersebut harus *dicompile* terlebih dahulu agar terbentuk sebuah executable file.

Program yang didapatkan ini berupa file executable yang akan membaca file spreadsheet yang berisi jadwal penerbangan yang akan dicari solusinya, serta akan menghasilkan sebuah file spreadsheet yang berisi daftar pilot beserta jadwal yang harus dijalani oleh masing-masing pilot tersebut.

File inputan yang akan dibaca haruslah berupa file *spreadsheet* yang diletakkan pada direktori yang sama dengan software *crew pairing* agar dapat dibaca oleh software *crew pairing* ini. Format file input jadwal ini ditunjukan didalam lampiran C. File output yang dihasilkan merupakan file *spreadsheet* bernama output.xls. isi file output ini ditunjukan didalam lampiran D.

Petunjuk penggunaan software dijelaskan didalam lampiran B.

3.5. Hasil Perhitungan Kebutuhan Online Pilot

Dengan menggunakan software yang telah dibuat dan membaca file output yang dihasilkan oleh software *crew pairing*, didapatkan kebutuhan online pilot untuk tiap pesawat selama kurun waktu satu minggu.

Dengan melihat file output.xls untuk tiap-tiap pesawat, maka jumlah pilot yang dibutuhkan untuk pesawat tersebut dapat diketahui dengan menjumlahkan pilot dengan jumlah leg tidak sama dengan 0. Jumlah kebutuhan online pilot untuk pesawat B747-400 dan A330 per pesawat ditunjukan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 3.5-1 Tabel kebutuhan online pilot tiap pesawat selama seminggu

Nomor pesawat		1	2	3	4	5	6
B747-400	CP	10	8	14	-	-	-
	FO	10	4	7	-	-	-
A330	CP	11	10	11	8	11	11
	FO	11	10	11	8	11	11

Tabel 3.5-1 menunjukan jumlah *captain* dan *first officer* yang dibutuhkan selama satu minggu untuk tiap pesawat. Contohnya adalah kebutuhan pesawat B744 nomor 1 adalah 10 captain dan 10 first officer, sedangkan untuk pesawat B744 nomor 2 adalah delapan captain dan 4 first officer. Perbedaan jumlah captain dan first officer untuk pesawat nomor 2 disebabkan pemilihan *extended crew* untuk pesawat tersebut.

Jumlah kebutuhan online pilot untuk pesawat B747-400 dan A330 per hari ditunjukan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 3.5-2 Tabel kebutuhan online pilot setiap hari

Jenis Pesawat		Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
B747-400	CP	11	10	10	10	6	6	10

	FO	7	6	6	6	4	4	6
A330-300	CP	17	11	13	15	14	17	15
	FO	17	11	13	15	14	17	15

Tabel 3.5-2 menunjukan jumlah *captain* dan *first officer* yang dibutuhkan tiap jenis pesawat tiap harinya. Contohnya adalah kebutuhan *captain* dan *first officer* untuk jenis pesawat B744 pada hari senin adalah 11 *captain* dan 7 *first officer*.

Hasil perhitungan pilot yang dihasilkan oleh software *crew pairing* ini juga ditunjukkan secara grafis agar lebih mudah dimengerti seperti dilampirkan pada lampiran E dan F.

BAB IV

VALIDASI HASIL PERHITUNGAN

4.1. Pendahuluan

Bab ini akan menjelaskan perbandingan hasil yang diperoleh dalam menyelesaikan permasalahan crew pairing dengan menggunakan dua metode berbeda yaitu metode manual secara grafis dan metode komputasional menggunakan software yang telah dibuat pada tugas akhir ini.

4.2. Perbandingan Hasil Kebutuhan Pilot

Sebelum tugas akhir ini dilakukan, telah dilakukan pembahasan tentang penyelesaian permasalahan crew pairing menggunakan metode manual secara grafis Oleh Prima Riduansyah pada tugas akhir berjudul Crew Operation Pattern (CROPA) Dengan Graphical Method Studi Kasus PT. Garuda Indonesia. Dari tugas akhir tersebut, untuk studi kasus yang sama dengan tugas akhir ini, yaitu jadwal penerbangan PT Garuda Indonesia untuk pesawat berbadan lebar B747-400 serta A330-300, telah didapatkan kebutuhan online pilot setiap harinya. Perbandingan antara hasil yang didapatkan dari analisis menggunakan metode manual secara grafis dengan metode komputasional menggunakan software *crew pairing* ditunjukan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.2-1 Tabel Perbandingan Kebutuhan Online Pilot

Aircraft Type	**Rank**	**Method**	**Mon**	**Tue**	**Wed**	**Thu**	**Fri**	**Sat**	**Sun**
B747-400	CP	Grph	14	14	14	14	12	12	14
		Comp	11	10	10	10	6	6	10
	FO	Grph	9	9	9	9	8	8	9
		Comp	7	6	6	6	4	4	6
A330-300	CP	Grph	17	14	15	16	16	16	17
		Comp	17	11	13	15	14	17	15
	FO	Grph	17	14	15	16	16	16	17
		Comp	17	11	13	15	14	17	15

Sedangkan kebutuhan online pilot untuk tiap pesawat selama satu minggu ditunjukan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.2-2 Tabel kebutuhan online pilot tiap pesawat metode komputasional

Nomor pesawat		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
B747-400	CP	10	8	16	-	-	-
	FO	10	4	8	-	-	-
A330-300	CP	11	10	7	7	11	3
	FO	11	10	7	7	11	3

Tabel4.2-1 dan tabel 4.2-2 menunjukan jumlah kebutuhan *captain* dan *first officer* yang dibutuhkan PT Garuda Indonesia pada untuk pesawat B747-400 dan A330-300.

Perbandingan secara kuantitatif didapatkan dengan cara membandingkan dua hasil yang berbeda dan mencari selisihnya yaitu hasil perhitungan komputasional dikurangi hasil perhitungan manual lalu dibandingkan dengan hasil perhitungan manual. Hasil perhitungan perbandingan kebutuhan online pilot untuk tiap pesawat setiap harinya ditunjukan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 4.2-3 Tabel perbandingan kebutuhan online pilot B744-400

Aircraft	Rank	Metode	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
B747-400	CP	Manual	14	14	14	14	12	12	14
		Komp	11	10	10	10	6	6	10
		% Diff	-21.43	-28.57	-28.57	-28.57	-50.00	-50.00	-28.57
	FO	Manual	9	9	9	9	8	8	9
		Komp	7	6	6	6	4	4	6
		% Diff	-22.22	-33.33	-33.33	-33.33	-50.00	-50.00	-33.33

Tabel 4.2-4 Tabel perbandingan kebutuhan online pilot A330-300

Aircraft	Rank	Metode	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
A330-300	CP	Manual	17	14	15	16	16	16	17
		Komp	17	11	13	15	14	17	15
		% Diff	0	-21.43	-13.33	-6.25	-12.50	6.25	-11.76
	FO	Manual	17	14	15	16	16	16	17
		Komp	17	11	13	15	14	17	15

		% Diff	0	-21.43	-13.33	-6.25	-12.50	6.25	-11.76

Besarnya nilai % diff pada tabel 4.2-3 dan tabel 4.2-4 adalah persen perbedaan antara metode grafis dengan metode komputasional. Nilai perbedaan diatas dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ diff} = \frac{komputasional - manual}{manual} \times 100$$

Besarnya nilai perbedaan tersebut bervariasi antara 6,25 % hingga 50 %. Besarnya rentang nilai perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan pola pikir manusia yang bersifat sangat random sedangkan pola pikir yang digunakan oleh *software crew* pairing sangat bergantung pada batasan-batasan yang telah didefinisikan terlebih dahulu dan mencari kemungkinan dari semua pilot yang memenuhi persyaratan.

Contohnya adalah jadwal penerbangan B747-400 pesawat nomor satu pada hari selasa. Jadwal penerbangan B747-400 pada hari selasa terdiri atas tiga leg yaitu NRT-DPS, DPS-CGK, dan CGK-NRT dengan *leg time* masing-masing selama 420, 105, dan 430 menit. Berdasarkan hasil perhitungan secara manual, maka ketiga leg tersebut harus dijalankan oleh tiga set awak kokpit yang berbeda. Dengan menggunakan software crew pairing, ketiga jadwal penerbangan tersebut bisa dilayani oleh 2 set awak kokpit. Perbedaan pola pemikiran juga terlihat pada jadwal penerbangan B747-400 pesawat nomor dua.

Untuk pesawat jenis A330-300, hasil yang didapatkan lebih mendekati hasil perhitungan dengan metode manual secara grafis, namun pada hari tertentu didapatkan hasil yang diperoleh dari perhitungan secara komputasional

lebih banyak daripada hasil perhitungan manual. Hal ini disebabkan karena keterbatasan software yang hanya menganalisis kebutuhan online pilot tiap pesawat sehingga tidak mungkin terjadi pilot melakukan *cross aircraft duty*, sedangkan pada perhitungan secara manual hal tersebut dimungkinkan.

4.3. Variasi Input B747 rute CGK-NRT-DPS dan CGK-JED

Analisis crew pairing menghasilkan solusi yang majemuk, oleh karenanya dilakukan variasi pada file input untuk melihat perbedaan hasil yang didapatkan jika dianalisis menggunakan software crew pairing.

Variasi dilakukan dengan cara memindahkan urutan penerbangan pada hari pertama. Untuk rute CGK-NRT-DPS, didapatkan tiga urutan penerbangan yang berbeda, sedangkan untuk rute CGK-JED didapatkan dua urutan penerbangan yang berbeda. Input yang telah divariasikan ditunjukan pada lampiran C dan hasil perhitungan menggunakan software crew pairing ditunjukan pada lampiran D. agar lebih mudah dipahami, hasil perhitungan juga disajikan ke dalam bentuk grafis pada lampiran G dan H.

Berdasarkan hasil yang didapatkan seperti pada lampiran G dan H, software crew pairing menghasilkan hasil yang sama. Hal ini disebabkan oleh karena algoritma yang dibangun menganalisis siklus jadwal penerbangan masing-masing, sehingga jika urutan penerbangan diubah urutannya namun tidak mengubah siklusnya maka software akan tetap menghasilkan output kebutuhan jumlah pilot yang sama.

4.4. Perbandingan Biaya B747-400 Rute CGK-NRT-DPS

Tujuan dalam perhitungan biaya ini adalah membandingkan biaya yang harus dikeluarkan airline untuk membiayai sebuah perjalanan, dalam hal ini adalah biaya yang dikeluarkan karena penggunaan awak kokpit (*cockpit crew cost*) untuk jadwal penerbangan pesawat B747-400 pesawat nomor dua yang melayani jadwal penerbangan CGK-NRT-DPS. Total biaya yang harus dikeluarkan oleh airline untuk pembiayaan awak kokpit ini dinyatakan kedalam sebuah persamaan dibawah ini :

$$total\ cost = total\ flight\ allowance + total\ lay\ over\ time\ allowance + total\ hotel\ and\ accomodation + fix\frac{cost}{day} \times numberof\ crew$$

Dimana :

- *Total flight allowance* merupakan bayaran yang diterima pilot setelah menerbangkan pesawat sesuai dengan jam terbang yang dilakukannya. Besarnya adalah $total\ flight\ allowance = total\ flight\ time \times upah\ pilot\ per\ jam$
- *Total lay over time allowance* merupakan bayaran yang diterima pilot saat *lay over time* (*transit time*) dan bayarannya sesuai dengan lamanya *transit time* pilot tersebut. Besarnya adalah $total\ lay\ over\ time = total\ transit\ hour \times upah\ lay\ over\ time\ per\ jam$
- *Total hotel and accomodation* adalah besarnya biaya yang dikeluarkan *airline* untuk membiayai pilot yang harus menginap karena akan melanjutkan penerbangan di keesokan harinya.

- *Fix cost* adalah gaji yang diterima pilot setiap bulannya

Keterangan :

- Upah pilot berpangkat *captain* di PT Garuda Indonesia adalah 10,2z per jam
- Upah pilot berpangkat *first officer* di PT Garuda Indonesia adalah 9,3z per jam
- Upah *lay over time* di PT Garuda Indonesia adalah 1,5z perjam
- Biaya hotel dibayaarkan 126z per pilot per hari
- *Fix cost* ditentukan pada tahun sebelumnya. Untuk tahun 2009 sendiri digunakan fix cost sebesar 500z
- Pilot diasumsikan hanya bekerja 22 hari setiap bulan

Karena keterbatasan data dan penyederhanaan perhitungan, maka setiap jenis biaya diatas dihitung menggunakan sebuah variabel, yaitu variabel z, dimana z tidak diketahui.

4.4.1 Perhitungan *Crew Cost*

Dari hasil perhitungan pada bab III secara komputasional dan hasil perhitungan secara manual, telah diperoleh hasil kebutuhan online pilot untuk pesawat B747-400 rute CGK-NRT-DPS dan didapatkan hasil jadwal penerbangan sebagai berikut :

Tabel 4.4-1 Tabel Jadwal Penerbangan Rute CGK-NRT-DPS

Komputasional	Manual

Rute	Jadwal		Rute	Jadwal	
	Hari	Waktu		Hari	Waktu
DPS-CGK	d	12.55- 14.10	CGK-NRT	d	15.10- 22.20
CGK-NRT	d	15.10- 22.20	NRT-DPS	d+2	02.00- 09.00
NRT-DPS	d+2	02.00- 09.00	DPS-CGK	d+3	12.55- 14.10

Berdasarkan data diatas, maka dapat diketahui proses untuk perhitungan biayanya untuk jadwal penerbangan hasil perhitungan komputasional adalah sebagai berikut :

- *Total Flight Time* = 1.45 + 7.10 + 7.00 = 15.55
- *Total Lay Over time*

  Lay over time antara rute 1 dan rute 2 = 15.10 – 14.10 = 1.00

  Lay over time antara rute 2 dan rute 3 = 2.00 – 22.00 (dua hari sebelum) = 28.00

  Total *lay over time* = 28.00
- *Total Flight Allowance*
  - $captain = 10{,}2z \times (15.55) = 519.35z$
  - $first\ officer = 9{,}3z \times (15.55) = 473{,}52z$
- *Total Lay Over Time Allowance*
  - $Total\ LOT\ allowance = 2pilot \times (28.00) \times 1{,}5z = 84z$
- *Hotel and Accomodation*

- $Hotel\ And\ Acc = 2pilot \times 2hari\ menginap\ \times 126z = 504z$
- *Fix Cost*
  - $fix\ cost = 2pilot\ \times 2hari\ perjalanan \times 500z = 2000z$

Dengan menggunakan metode yang sama, dihitung biaya yang dikeluarkan rute hasil perhitungan manual :

- *Total Flight Time* = 1.45 + 7.10 + 7.00 = 15.55
- *Total Lay Over time*

  Lay over time antara rute 1 dan rute 2 = 2.00 – 22.00 (dua hari sebelum) = 28.00

  Lay over time antara rute 2 dan rute 3 = 12.55 – 9.00 (hari sebelumnya) = 27.55

  Total lay over time = 55.55
- *Total Flight Allowance*
  - $captain = 10{,}2z \times (15.55) = 519.35z$
  - $first\ officer = 9{,}3z \times (15.55) = 473{,}52z$
- *Total Lay Over Time Allowance*
  - $Total\ LOT\ allowance = 2pilot \times (55.55) \times 1{,}5z = 167{,}76z$
- *Hotel and Accomodation*
  - $Hotel\ And\ Acc = 2pilot \times 3hari\ menginap\ \times 126z = 756z$
- *Fix Cost*
  - $fix\ cost = 2pilot\ \times 3hari\ perjalanan \times 500z = 3000z$

Maka total biaya untuk rute CGK-NRT-DPS untuk masing-masing metode adalah:

Tabel 4.4-2 Tabel Perhitungan Biaya Rute CGK-NRT-DPS

Biaya	Komputasional	Manual
Total Flight Allowance		
Captain	519,35z	519,35z
First Officer	473,53z	473,53z
Total LOT Allowance	84,00z	167,76z
Hotel And Accomodation	504,00z	756,00z
Fix Cost	2000,00z	3000,00z
Total Cost	3580,87z	4916,63z

Dari tabel diatas didapatkan bahwa biaya yang dikeluarkan untuk menjalankan rute hasil perhitungan komputasional lebih kecil daripada biaya yang dikeluarkan untuk menjalankan rute hasil perhitungan manual.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Pendahuluan

Bab ini akan menjelaskan tentang kesimpulan yang diambil berdasarkan hasil analisis serta validasi yang telah dilakukan pada bab-bab sebelumnya serta saran untuk kelanjutan tugas akhir ini dikemudian hari agar hasil tugas akhir ini dapat disempurnakan lagi.

5.2. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis tentang *crew operation pattern* khususnya masalah *crew pairing*, serta hasil validasi hasil yang diperoleh dari penyelesaian permasalahan *crew pairing* menggunakan dua metode yang berbeda, yaitu metode manual secara grafis dan metode komputasional menggunakan software *crew pairing*

Adapun kesimpulan tugas akhir ini adalah :

a. Berdasarkan analisis batasan-batasan serta aturan yang diberlakukan oleh otorita penerbangan sipil serta PT Garuda Indonesia, serta berdasarkan analisis trend penggunaan pilot secara grafis, telah diperoleh hubungan antara variabel-variabel jadwal yang akan di *assign* dengan variabel-variabel pilot. Hubungan untuk *standard crew* ditunjukan pada tabel dibawah ini :

<table>
<tr><td colspan="2">Jadwal :</td><td colspan="2">Jadwal :</td></tr>
<tr><td>Day :
Start City :
Leg Time :</td><td>b
c
120≤leg time≤540</td><td>Day :
Start City :
Leg Time :</td><td>b
c
leg time<120</td></tr>
<tr><td colspan="4">Dapat dilayani oleh pilot dengan kondisi sebagai berikut :</td></tr>
<tr><td>Daypilot :
City Pilot :
FT terakhir :
Jumlah FT :
Syarat lain :</td><td>b
c
ft akhir<120
jumlah ft≤1680
ft akhir+leg time≤540</td><td>Daypilot :
City Pilot :
FT terakhir :
Jumlah FT :
Syarat lain :</td><td>b
c
ft akhir<120
jumlah ft≤1680
ft akhir+leg time≤540</td></tr>
<tr><td>Daypilot :
City Pilot :
FT terakhir :
Jumlah FT :
Syarat lain :</td><td>b-1
c
ft akhir<120
jumlah ft≤1680
ft akhir+leg time>540</td><td>Daypilot :
City Pilot :
FT terakhir :
Jumlah FT :
Syarat lain :</td><td>b-1
c
ft akhir<120
jumlah ft≤1680
ft akhir+leg time>540</td></tr>
<tr><td>Daypilot :
City Pilot :
FT terakhir :
Jumlah FT :
Syarat lain :</td><td>b-2
c
120≤ft akhir≤540
jumlah ft≤1680
ft akhir+leg time>540</td><td>Daypilot :
City Pilot :
FT terakhir :
Jumlah FT :
Syarat lain :</td><td>b-2
c
120≤ft akhir≤540
jumlah ft≤1680
ft akhir+leg time>540</td></tr>
<tr><td colspan="4">Keterangan :
Daypilot : Hari terakhir pilot menjalankan leg
City Pilot : Kota keberadaan pilot setelah menjalakan leg terakhir
FT terakhir : Flight time terakhir pilot menjalankan leg
Jumlah FT : Jumlah flight time pilot selama seminggu</td></tr>
</table>

Sedangkan hubungan untuk *extended crew* ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Jadwal :		Jadwal :	
Day : Start City : Leg Time :	b c 240≤leg time≤720	Day : Start City : Leg Time :	b c leg time<240
Dapat dilayani oleh pilot dengan kondisi sebagai berikut :			
Daypilot : City Pilot : FT terakhir : Jumlah FT : Syarat lain :	b c ft akhir<240 jumlah ft≤1680 ft akhir+leg time≤720	Daypilot : City Pilot : FT terakhir : Jumlah FT : Syarat lain :	b c ft akhir<240 jumlah ft≤1680 ft akhir+leg time≤720
Daypilot : City Pilot : FT terakhir : Jumlah FT : Syarat lain :	b-1 c ft akhir<240 jumlah ft≤1680 ft akhir+leg time>720	Daypilot : City Pilot : FT terakhir : Jumlah FT : Syarat lain :	b-1 c ft akhir<240 jumlah ft≤1680 ft akhir+leg time>720
Daypilot : City Pilot : FT terakhir : Jumlah FT : Syarat lain :	b-2 c 240≤ft akhir≤720 jumlah ft≤1680 ft akhir+leg time>720	Daypilot : City Pilot : FT terakhir : Jumlah FT : Syarat lain :	b-2 c 240≤ft akhir≤720 jumlah ft≤1680 ft akhir+leg time>720

b. Berdasarkan hubungan diatas, telah dibentuk sebuah software sederhana yang dapat melakukan otomatisasi *asignment* jadwal-jadwal yang ada kepada tiap-tiap pilot sehingga didapatkan jumlah kebutuhan online pilot.

c. Dengan menggunakan software *crew pairing*, kebutuhan online pilot untuk PT Garuda Indonesia studi kasus pesawat berbadan lebar dapat diketahui. Banyaknya kebutuhan online pilot untuk tiap pesawat ditunjukan pada tabel dibawah ini :

Nomor pesawat		1	2	3	4	5	6
B747-400	CP	10	8	14	-	-	-
	FO	10	4	7	-	-	-
A330	CP	11	10	11	8	11	11
	FO	11	10	11	8	11	11

Tabel diatas menunjukan jumlah captain dan first officer untuk tiap-tiap pesawat selama satu minggu yang diperlukan PT Garuda Indonesia utntuk pesawat B747-400 dan A330-300. Sedangkan kebutuhan online pilot setiap harinya adalah sebagai berikut :

Jenis Pesawat		Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
B747-400	CP	11	10	10	10	6	6	10
	FO	7	6	6	6	4	4	6
A330-300	CP	17	11	13	15	14	17	15
	FO	17	11	13	15	14	17	15

d. Perbandingan hasil kebutuhan online pilot yang diperoleh dari dua metode yang berbeda ditunjukan pada tabel dibawah ini :

Aircraft	Rank	Metode	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
B747-400	CP	Manual	14	14	14	14	12	12	14
		Komp	11	10	10	10	6	6	10
		% Diff	-21.43	-28.57	-28.57	-28.57	-50.00	-50.00	-28.57
	FO	Manual	9	9	9	9	8	8	9
		Komp	7	6	6	6	4	4	6
		% Diff	-22.22	-33.33	-33.33	-33.33	-50.00	-50.00	-33.33

Aircraft	Rank	Metode	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
A330-300	CP	Manual	17	14	15	16	16	16	17
		Komp	17	11	13	15	14	17	15
		% Diff	0	-21.43	-13.33	-6.25	-12.50	6.25	-11.76
	FO	Manual	17	14	15	16	16	16	17
		Komp	17	11	13	15	14	17	15
		% Diff	0	-21.43	-13.33	-6.25	-12.50	6.25	-11.76

e. Perbandingan biaya awak untuk rute CGK-NRT-DPShasil perhitungan dua metode yang berbeda ditunjukan pada tabel dibawah ini :

Biaya	Komputasional	Manual
Total Flight Allowance		
Captain	519,35z	519,35z
First Officer	473,53z	473,53z
Total LOT Allowance	84,00z	167,76z
Hotel And Accomodation	504,00z	756,00z
Fix Cost	2000,00z	3000,00z
Total Cost	3580,87z	4916,63z

Dari tabel diatas didapatkan bahwa biaya yang dikeluarkan untuk menjalankan rute hasil perhitungan komputasional lebih kecil daripada biaya yang dikeluarkan untuk menjalankan rute hasil perhitungan manual

f. Untuk jadwal penerbangan yang sama, bisa didapatkan solusi yang tidak tunggal. Hasil perhitungan manual yang telah dilakukan merupakan salah satu solusi dari masukan jadwal penerbangan yang ada, namun masih ada solusi lain yang lebih ekonomis.

5.3. Saran

Saran dan masukan yang diajukan penulis mengenai tugas akhir ini antara lain adalah sebagai berikut :

a. Perlunya analisis lebih lanjut mengenai batasan-batasan yang harus diberlakukan sehingga didapatkan algoritma yang lebih kompleks. Dengan semakin kompleksnya algoritma yang dapat dibentuk, maka

software yang dihasilkan akan dapat menghasilkan jumlah kebutuhan pilot yang lebih efisien.

b. Karena basis pengerjaan algoritma menjadi script dilakukan menggunakan software matlab, script yang ada bisa dicompile menjadi bentuk yang lebih *user friendly* dengan penambahan fitur *user interface* agar lebih menarik dan mudah digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Anon. 2003. Airline Operation Lecture. Jakarta

Banfe, Charkes F. 1992. Airline Management. Prentice Hall. New Jersey : Englewood Cliffs.

Butler, Gail F. 2000. Handbook of Airline Operations. USA.

Doganis, R. 1993. Flying Off Course : The Economics if International Airline. London : Routledge.

Gamache, Michel. 2002. A Method For Optimally Solving The Rostering Problem. Montreal : Groupe d'Etude et de Recherche en Analyse des Decisions.

Kohl,Niklas. 1999. The Use of Linear and Integer Programming in Airline Crew Scheduling. Sweden : Carmen Systems.

Long, Chris. 2005. The Training Pattern.

Michael, A. 2001. An Abductive-Based Scheduler for Air-Crew Assignment. Taylor And Francis.

Özdemir, Ugur. 2009. Methodology for Crew-Piring Prblem In Airline Crew Scheduling. Bogaziçi University.

Pasaribu, Hisar M. 2002 Diktat Kuliah Sistem Transportasi Udara : Sistem Transportasi Udara. Bandung : Penerbit ITB.

Riduansyah, Prima. 2009. Crew Operation Pattern (CROPA) Dengan Graphical Method Studi Kasus PT Garuda Indonesia. Bandung : ITB.

Yu, Gang. 2002. Operations Research in The Airline Industry. Boston : Kluwer Academic Publisher.

Zeghal, F. M. 2005. Modeling And Solving A Crew Assignment Problem In Air Transportation. Paris : Universite Paris.

Anon. 2002. Airbus for Pilot. Melalui http://www.airbus.com/en/airbusforpilots.htm. [13/03/09].

Anon. 2006. Operation Prize Crew. Melalui http://www.prizecrew.org/summary.html. [13/03/09].

Anon. 2007. TPAC Pairing Optimizer. Melalui http://www.contecint.com.au/software/TPAC_pairing_optimiser.html. [13/03/09].

Indra, Riawan. 2007. Jenis Lisensi Pilot. Melalui http://www.jenis_lisensi_pilot.html. [13/03/09].

Wiley. 2008. Planning Problem of an International Airline I. Melalui http://blackwell-synergy.com/doi/abs/10.1111/J.1467-8500.1903tb02173.x.html. [13/03/09].

www.aeroplanner.com

www.airliners.com

www.airlines.org

www.aviationtoday.com

www.boeing.com

www.garuda-indonesia.com

www.indoflyer.net

LAMPIRAN A

ALGORITMA PROGRAMMING

```
INPUTAN
--> membaca file input yang berisi kolom-kolom : (menjadi sebuah matrik input utama) --> [prime]
    nomor pesawat
    nomor leg
    nama leg
    kota origin
    kota destination
    day leg
    leg time
    keterangan standard atau extended
    %contoh input dilampirkan

--> menentukan variabel
    extended=prime(15,1);    %1=extended, 0=standard
    num=max(prime);         %matriks yang berisi nilai maksimum tiap kolom matriks [prime]
    numplane=num(1);        %jumlah pesawat
    numcity=num(4);         %jumlah kota
    m=prime(:,4);           %matriks berisi kota keberangkatan per leg
    n=prime(:,5);           %matriks berisi kota kedatangan per leg
    ft=prime(:,11);         %matriks berisi flight time per leg
    lt=numel(ft);           %jumlah leg

INISIALISASI
--> membentuk parameter pilot awal
--> membentuk matriks berukuran (a,1)   %a=jumlah pilot
--> matriks-matriks tersebut diberi nama :
    [daypilot],[mpilot],[jumlahft],[ftakhir],[ftday],[jadwal]
    keterangan
    [daypilot]  = hari terakhir pilot menjalankan leg
    [mpilot]    = kota terakhir pilot menjalankan leg
    [jumlahft]  = jumlah ft pilot selama seminggu
    [ftakhir]   = ft leg terakhir yang dijalankan pilot
```

```
    [ftday]     = jumlah ft apabila leg yang akan diassign kepada pilot yang memiliki day yang sama dengan leg
    [jadwal]    = jumlah leg yang dilayani set pilot tertentu selama seminggu
--> dibuat kondisi awalnya
--> hasilnya setelah dilakukan inisialisasi
    pilot(1,1)=[daypilot=1,mpilot=1,jumlahft=0,ftakhir=0,ftday=0,jadwal=0]
    pilot(1,1)=[daypilot=1,mpilot=2,jumlahft=0,ftakhir=0,ftday=0,jadwal=0]
    pilot(1,1)=[daypilot=1,mpilot=3,jumlahft=0,ftakhir=0,ftday=0,jadwal=0]
    pilot(1,1)=[daypilot=1,mpilot=4,jumlahft=0,ftakhir=0,ftday=0,jadwal=0]
    pilot(1,1)=[daypilot=1,mpilot=numcity,jumlahft=0,ftakhir=0,ftday=0,jadwal=0]
    pilot(1,1)=[daypilot=2,mpilot=1,jumlahft=0,ftakhir=0,ftday=0,jadwal=0]
    pilot(1,1)=[daypilot=2,mpilot=2,jumlahft=0,ftakhir=0,ftday=0,jadwal=0]
    pilot(1,1)=[daypilot=2,mpilot=3,jumlahft=0,ftakhir=0,ftday=0,jadwal=0]
    pilot(1,1)=[daypilot=2,mpilot=4,jumlahft=0,ftakhir=0,ftday=0,jadwal=0]
    pilot(1,1)=[daypilot=2,mpilot=numcity,jumlahft=0,ftakhir=0,ftday=0,jadwal=0]
```

PROSES

```
if enlarge==1
    ba=720;                     %ba=batas atas ft (ft maksimum per hari)
    bb=540;                     %bb=batas bawah trend rest time
    ba1=720;
    for a=1:lt                  %a=leg number
        for b=1:7               %b=hari
        if day(a)==b
            for c=1:numcity     %c=kota
            if m(a)==c
                if day(a)==b && m(a)==c && ft(a)>=bb && ft(a)<=ba                 %parameter jadwal
                    x=1;                    %x=counter pilot,untuk mencari pilot nomor berapa yang memenuhi persyaratan
                    tambahjadwal=0;         %parameter iterasi, 0=lanjut, 1=berhenti
                    while tambahjadwal==0
                        if ftakhir(x)<bb    %parameter pilot yang memenuhi syarat
                            if ftakhir(x)+ft(a)<=ba     %parameter pilot yang memenuhi syarat
                                if daypilot(x)==b && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=2520  %parameter pilot yang memenuhi syarat
                                    tambahjadwal=1;
                                    jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                                    daypilot(x)=day(a);
                                    mpilot(x)=n(a);
                                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                                    if (a-sched(x,(jadwal(x))))==1
                                        ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                                    else ftakhir(x)=ft(a);
                                    end
                                    sched(x,(jadwal(x)))=a;
                                end
                            elseif ftakhir(x)+ft(a)>ba  %parameter pilot yang memenuhi syarat
                                if daypilot(x)==(b-1) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=2520  %parameter pilot yang memenuhi
syarat

                                    tambahjadwal=1;
                                    jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                                    daypilot(x)=day(a);
                                    mpilot(x)=n(a);
                                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                                    if (a-sched(x,(jadwal(x))))==1
                                        ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                                    else ftakhir(x)=ft(a);
                                    end
                                    sched(x,(jadwal(x)))=a;
                                end
                            end
```

```
                    elseif ftakhir(x)>=bb && ftakhir(x)<=ba     %parameter pilot yang memenuhi syarat
                        if ftakhir(x)+ft(a)>ba  %parameter pilot yang memenuhi syarat
                            if daypilot(x)==(b-1) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=2520  %parameter pilot yang memenuhi
syarat
                                tambahjadwal=1;
                                jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                                daypilot(x)=day(a);
                                mpilot(x)=n(a);
                                jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                                if (a-sched(x,(jadwal(x))))==1
                                    ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                                else ftakhir(x)=ft(a);
                                end
                                sched(x,(jadwal(x)))=a;
                            end
                        end
                    end
                    x=x+1;
                end
            elseif day(a)==b && m(a)==c && ft(a)<bb                 %parameter jadwal
                x=1;                    %x=counter pilot,untuk mencari pilot nomor berapa yang memenuhi persyaratan
                tambahjadwal=0;         %parameter iterasi, 0=lanjut, 1=berhenti
                while tambahjadwal==0
                    if ftakhir(x)>=bb && ftakhir(x)<=ba     %parameter pilot yang memenuhi syarat
                        if ftakhir(x)+ft(a)>ba  %parameter pilot yang memenuhi syarat
                            if daypilot(x)==(b-1) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=2520  %parameter pilot yang memenuhi
syarat
                                tambahjadwal=1;
                                jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                                daypilot(x)=day(a);
                                mpilot(x)=n(a);
                                jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                                if (a-sched(x,(jadwal(x))))==1
                                    ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                                else ftakhir(x)=ft(a);
                                end
                                sched(x,(jadwal(x)))=a;
                            elseif daypilot(x)==(b-2) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=2520  %parameter pilot yang memenuhi
syarat
                                tambahjadwal=1;
                                jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                                daypilot(x)=day(a);
                                mpilot(x)=n(a);
```

```
                                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                                    if (a-sched(x,(jadwal(x))))==1
                                        ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                                    else ftakhir(x)=ft(a);
                                    end
                                    sched(x,(jadwal(x)))=a;
                                end
                            end
                        elseif ftakhir(x)<bb    %parameter pilot yang memenuhi syarat
                            if ftakhir(x)+ft(a)<=ba     %parameter pilot yang memenuhi syarat
                                if daypilot(x)==b && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=2520  %parameter pilot yang memenuhi syarat
                                    tambahjadwal=1;
                                    jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                                    daypilot(x)=day(a);
                                    mpilot(x)=n(a);
                                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                                    if (a-sched(x,(jadwal(x))))==1
                                        ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                                    else ftakhir(x)=ft(a);
                                    end
                                    sched(x,(jadwal(x)))=a;
                                elseif daypilot(x)==(b-1) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=2520  %parameter pilot yang memenuhi
syarat
                                    tambahjadwal=1;
                                    jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                                    daypilot(x)=day(a);
                                    mpilot(x)=n(a);
                                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                                    if (a-sched(x,(jadwal(x))))==1
                                        ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                                    else ftakhir(x)=ft(a);
                                    end
                                    sched(x,(jadwal(x)))=a;
                                elseif daypilot(x)==(b-2) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=2520  %parameter pilot yang memenuhi
syarat
                                    tambahjadwal=1;
                                    jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                                    daypilot(x)=day(a);
                                    mpilot(x)=n(a);
                                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                                    ftakhir(x)=ft(a);
                                    sched(x,(jadwal(x)))=a;
                                end
```

```
                        end
                    end
                    x=x+1;
                end
            end
        end
        end
    end
    end
end
elseif enlarge==0
    ba=540;                     %ba=batas atas ft (ft maksimum per hari)
    bb=360;                     %bb=batas bawah trend rest time
    ba1=720;
    for a=1:lt                  %a=leg number
        for b=1:7               %b=hari
        if day(a)==b
            for c=1:numcity     %c=kota
            if m(a)==c
                if day(a)==b && m(a)==c && ft(a)>=bb && ft(a)<=ba                %parameter jadwal
                    x=1;                    %x=counter pilot,untuk mencari pilot nomor berapa yang memenuhi persyaratan
                    tambahjadwal=0;         %parameter iterasi, 0=lanjut, 1=berhenti
                    while tambahjadwal==0
                        if ftakhir(x)<bb    %parameter pilot yang memenuhi syarat
                            if ftakhir(x)+ft(a)<=ba     %parameter pilot yang memenuhi syarat
                                if daypilot(x)==b && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=1680 && landing(x)<=2  %parameter pilot yang 
memenuhi syarat
                                    tambahjadwal=1;
                                    jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                                    daypilot(x)=day(a);
                                    mpilot(x)=n(a);
                                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                                    if jadwal(x)==1 || (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))>1
                                        ftakhir(x)=ft(a);
                                        landing(x)=1;
                                    elseif (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))==1
                                        ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                                        landing(x)=landing(x)+1;
                                    end
                                    sched(x,(jadwal(x)))=a;
                                end
                            elseif ftakhir(x)+ft(a)>ba  %parameter pilot yang memenuhi syarat
```

```
                if daypilot(x)==(b-1) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=1680 && landing(x)<=2  %parameter pilot 
yang memenuhi syarat
                    tambahjadwal=1;
                    jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                    daypilot(x)=day(a);
                    mpilot(x)=n(a);
                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                    if jadwal(x)==1 || (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))>1
                        ftakhir(x)=ft(a);
                        landing(x)=1;
                    elseif (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))==1
                        ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                        landing(x)=landing(x)+1;
                    end
                    sched(x,(jadwal(x)))=a;
                end
            end
        elseif ftakhir(x)>=bb && ftakhir(x)<=ba     %parameter pilot yang memenuhi syarat
            if ftakhir(x)+ft(a)>ba  %parameter pilot yang memenuhi syarat
                if daypilot(x)==(b-2) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=1680 && landing(x)<=2  %parameter pilot 
yang memenuhi syarat
                    tambahjadwal=1;
                    jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                    daypilot(x)=day(a);
                    mpilot(x)=n(a);
                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                    if jadwal(x)==1 || (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))>1
                        ftakhir(x)=ft(a);
                        landing(x)=1;
                    elseif (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))==1
                        ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                        landing(x)=landing(x)+1;
                    end
                    sched(x,(jadwal(x)))=a;
                elseif daypilot(x)==(b-2) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=1680 && landing(x)<=2  %parameter 
pilot yang memenuhi syarat
                    tambahjadwal=1;
                    jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                    daypilot(x)=day(a);
                    mpilot(x)=n(a);
                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                    if jadwal(x)==1 || (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))>1
                        ftakhir(x)=ft(a);
```

```
                        landing(x)=1;
                    elseif (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))==1
                        ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                        landing(x)=landing(x)+1;
                    end
                    sched(x,(jadwal(x)))=a;
                end
            end
        end
        x=x+1;
    end
elseif day(a)==b && m(a)==c && ft(a)<bb                 %parameter jadwal
    x=1;                        %x=counter pilot,untuk mencari pilot nomor berapa yang memenuhi persyaratan
    tambahjadwal=0;             %parameter iterasi, 0=lanjut, 1=berhenti
    while tambahjadwal==0
        if ftakhir(x)>=bb && ftakhir(x)<=ba     %parameter pilot yang memenuhi syarat
            if ftakhir(x)+ft(a)>ba  %parameter pilot yang memenuhi syarat
                if daypilot(x)==(b-2) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=1680 && landing(x)<=2  %parameter pilot 
yang memenuhi syarat
                    tambahjadwal=1;
                    jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                    daypilot(x)=day(a);
                    mpilot(x)=n(a);
                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                    if jadwal(x)==1 || (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))>1
                        ftakhir(x)=ft(a);
                        landing(x)=1;
                    elseif (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))==1
                        ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                        landing(x)=landing(x)+1;
                    end
                    sched(x,(jadwal(x)))=a;
                end
            end
        elseif ftakhir(x)<bb    %parameter pilot yang memenuhi syarat
            if ftakhir(x)+ft(a)<=ba     %parameter pilot yang memenuhi syarat
                if daypilot(x)==b && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=1680 && landing(x)<=2  %parameter pilot yang 
memenuhi syarat
                    tambahjadwal=1;
                    jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                    daypilot(x)=day(a);
                    mpilot(x)=n(a);
                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
```

```
                        if jadwal(x)==1 || (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))>1
                            ftakhir(x)=ft(a);
                            landing(x)=1;
                        elseif (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))==1
                            ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                            landing(x)=landing(x)+1;
                        end
                        sched(x,(jadwal(x)))=a;
                    elseif daypilot(x)==(b-1) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=1680 && landing(x)<=2  %parameter
pilot yang memenuhi syarat
                        tambahjadwal=1;
                        jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                        daypilot(x)=day(a);
                        mpilot(x)=n(a);
                        jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                        if jadwal(x)==1 || (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))>1
                            ftakhir(x)=ft(a);
                            landing(x)=1;
                        elseif (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))==1
                            ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                            landing(x)=landing(x)+1;
                        end
                        sched(x,(jadwal(x)))=a;
                    elseif daypilot(x)==(b-2) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=1680 && landing(x)<=2  %parameter
pilot yang memenuhi syarat
                        tambahjadwal=1;
                        jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                        daypilot(x)=day(a);
                        mpilot(x)=n(a);
                        jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                        ftakhir(x)=ft(a);
                        sched(x,(jadwal(x)))=a;
                    end
                end
            end
            x=x+1;
        end
    end
  end
  end
 end
 end
end
```

```
end
```

LAMPIRAN B

MANUAL PENGGUNAAN SOFTWARE CREW PAIRING

Pendahuluan

Software yang dibuat dalam tugas akhir ini memiliki karakteristik penggunaan yang mirip dengan penggunaan software datcom yang sering digunakan untuk menghitung parameter prestasi dan kestabilan terbang. Software ini memerlukan sebuah file input berupa file *spreadsheet* (file excel) yang diletakkan pada direktori yang sama dengan software *crew pairing* serta akan menghasilkan file berupa file *spreadsheet* juga.

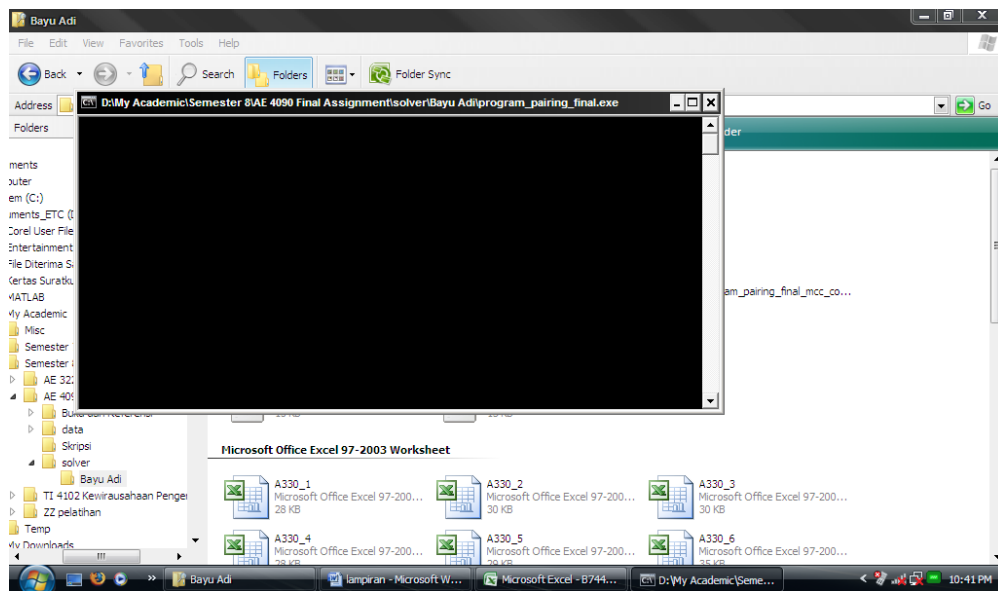
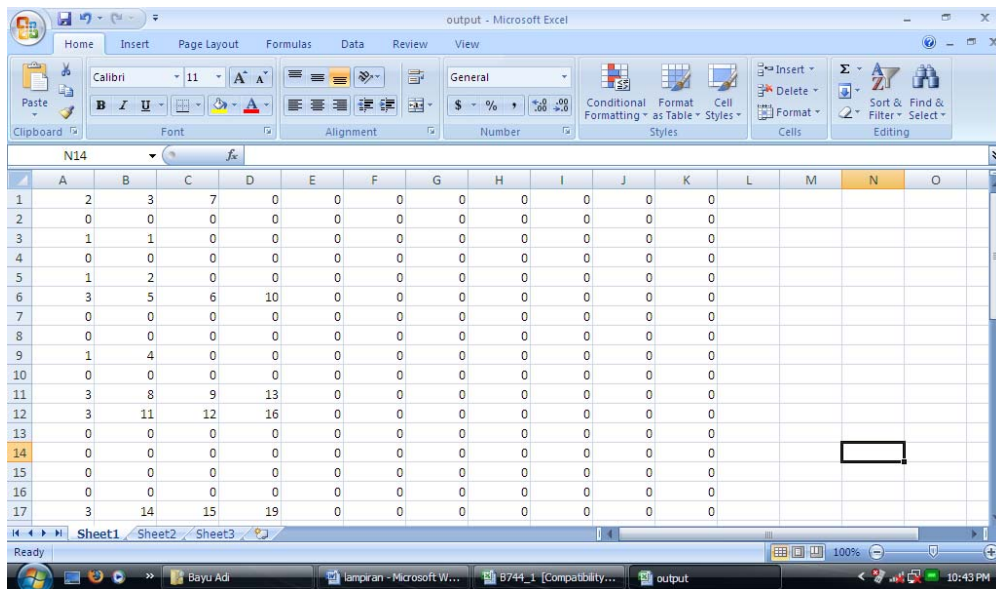
File Input (spreadsheet.xls)

Agar dapat berfungsi dengan benar, software memerlukan sebuah file input berupa file spreadsheet yang harus diletakkan pada direktori yang sama dengan software crew pairing dan harus diberi nama yang unik karena nama program ini akan menjadi inputan program. Isi dari file spreadsheet ditunjukan seperti pada gambar dibawah ini :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Aircraft	no.leg	Leg	Start City	Arrival City	Start Day	Arrival Day	Start Hour	Arrival Hour	Leg Time	min			pesawat	enlarge
2	1	1	2 - 3	2	3	1	1	0 02:00	0 09:00	07.00	420			1	0
3	1	2	3 - 1	3	1	1	1	0 12:25	0 14:10	01.45	105				
4	1	3	1 - 2	1	2	1	1	0 15:10	0 22:20	07.10	430				
5	1	4	2 - 3	2	3	2	2	1 02:00	1 09:00	07.00	420				
6	1	5	3 - 1	3	1	2	2	1 12:25	1 14:10	01.45	105				
7	1	6	1 - 2	1	2	2	2	1 15:10	1 22:20	07.10	430				
8	1	7	2 - 3	2	3	3	3	2 02:00	2 09:00	07.00	420			keterangan	
9	1	8	3 - 1	3	1	3	3	2 12:25	2 14:10	01.45	105			cgk	1
10	1	9	1 - 2	1	2	3	3	2 15:10	2 22:20	07.10	430			nrt	2
11	1	10	2 - 3	2	3	4	4	3 02:00	3 09:00	07.00	420			dps	3
12	1	11	3 - 1	3	1	4	4	3 12:25	3 14:10	01.45	105				
13	1	12	1 - 2	1	2	4	4	3 15:10	3 22:20	07.10	430				
14	1	13	2 - 3	2	3	5	5	4 02:00	4 09:00	07.00	420				
15	1	14	3 - 1	3	1	5	5	4 12:25	4 14:10	01.45	105				
16	1	15	1 - 2	1	2	5	5	4 15:10	4 22:20	07.10	430				
17	1	16	2 - 3	2	3	6	6	5 02:00	5 09:00	07.00	420				
18	1	17	3 - 1	3	1	6	6	5 12:25	5 14:10	01.45	105				
19	1	18	1 - 2	1	2	6	6	5 15:10	5 22:20	07.10	430				
20	1	19	2 - 3	2	3	7	7	6 02:00	6 09:00	07.00	420				

Kolom aircraft berisi nomor pesawat yang akan dianalisis. Kolom leg number diisi nomor penerbangan pesawat yang akan dianalisis, berisi angka mulai dari 1 hingga nomor penerbangan terakhir. Kolom *start city* dan *arrival city* harus diisi angka sesuai dengan keterangan yang telah didefinisikan sebelumnya. Misalnya penerbangan dari cengkareng menuju kansai (CGK-KIX), sedangkan diawal didefinisikan nomor kota cengkareng adalah satu dan nomor kota kansai adalah tiga, maka *start city* diisi angka satu dan *arrival city* diisi angka tiga. Kolom *start day* dan *arrival day* diisi kode hari jadwal penerbangan tersebut dilaksanakan. Angka satu mewakili hari senin, angka dua mewakili hari selasa, demikian seterusnya hingga angka tujuh mewakili hari minggu. Kolom *start hour* dan *arrival hour* diisi jam penerbangan. Kolom *leg time* diisi *flight time* jadwal penerbangan. Kolom min diisi *leg time* penerbangan dalam satuan menit. Kolom *extended* diisi variabel apakah jadwal penerbangan pesawat dimaksud dilayani oleh *standard crew* atau *extended crew*. Angka satu mewakili *extended crew*, angka nol mewakili *standard crew*.

Eksekusi Software

Setelah file input telah siap dan diletakkan pada direktori yang sama dengan file software *crew pairing*, maka software siap dieksekusi. Setelah software dijalankan, akan muncul window command prompt seperti terlihat pada gambar dibawah ini.

Setelah beberapa saat, muncul perintah untuk memasukkan nama file *spreadsheet* yang akan dilakukan perhitungan. Tidak lama kemudian window command prompt akan tertutup secara otomatis dan file output akan terbentuk pada direktori yang sama bernama output.xls.

File Output (output.xls)

Setelah software crew pairing sukses dieksekusi, dan file output.xls dibuka, maka isi dari file output.xls tersebut ditunjukan seperti pada gambar dibawah ini :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	2	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	3	5	6	10	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	3	8	9	13	0	0	0	0	0	0	0
12	3	11	12	16	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	3	14	15	19	0	0	0	0	0	0	0

Kolom pertama menunjukan jumlah leg penerbangan yang dilakukan oleh seorang pilot selama seminggu. Jika kolom pertama berisi angka nol, maka pilot tersebut bisa ditiadakan. Kolom kedua dan seterusnya menunjukan urutan nomor leg penerbangan yang harus dijalankan pilot selama seminggu.

LAMPIRAN C.1.1

FILE INPUT B747-400 PESAWAT 1 VARIASI 1

Aircraft	**no.leg**	**Leg**	**Start City**	**Arrival City**	**Start Day**	**Arrival Day**	**Start Hour**	**Arrival Hour**	**Leg Time**	**min**			**pesawat**	**extended**
1	1	2 - 3	2	3	1	1	0 02:00	0 09:00	07.00	420			1	0
1	2	3 - 1	3	1	1	1	0 12:25	0 14:10	01.45	105				
1	3	1 - 2	1	2	1	1	0 15:10	0 22:20	07.10	430				
1	4	2 - 3	2	3	2	2	1 02:00	1 09:00	07.00	420				
1	5	3 - 1	3	1	2	2	1 12:25	1 14:10	01.45	105				
1	6	1 - 2	1	2	2	2	1 15:10	1 22:20	07.10	430				
1	7	2 - 3	2	3	3	3	2 02:00	2 09:00	07.00	420			keterangan	
1	8	3 - 1	3	1	3	3	2 12:25	2 14:10	01.45	105			cgk	1
1	9	1 - 2	1	2	3	3	2 15:10	2 22:20	07.10	430			nrt	2
1	10	2 - 3	2	3	4	4	3 02:00	3 09:00	07.00	420			dps	3
1	11	3 - 1	3	1	4	4	3 12:25	3 14:10	01.45	105				
1	12	1 - 2	1	2	4	4	3 15:10	3 22:20	07.10	430				
1	13	2 - 3	2	3	5	5	4 02:00	4 09:00	07.00	420				
1	14	3 - 1	3	1	5	5	4 12:25	4 14:10	01.45	105				

1	15	1 - 2	1	2	5	5	4 15:10	4 22:20	07.10	430				
1	16	2 - 3	2	3	6	6	5 02:00	5 09:00	07.00	420				
1	17	3 - 1	3	1	6	6	5 12:25	5 14:10	01.45	105				
1	18	1 - 2	1	2	6	6	5 15:10	5 22:20	07.10	430				
1	19	2 - 3	2	3	7	7	6 02:00	6 09:00	07.00	420				
1	20	3 - 1	3	1	7	7	6 12:25	6 14:10	01.45	105				
1	21	1 - 2	1	2	7	7	6 15:10	6 22:20	07.10	430				

LAMPIRAN C.1.2

FILE INPUT B747-400 PESAWAT 1 VARIASI 2

Aircraft	no.leg	Leg	Start City	Arrival City	Start Day	Arrival Day	Start Hour	Arrival Hour	Leg Time	min			pesawat	enlarge
1	1	3 - 1	3	1	1	1	0 12:25	0 14:10	01.45	105			1	0
1	2	1 - 2	1	2	1	1	0 15:10	0 22:20	07.10	430				
1	3	2 - 3	2	3	2	2	1 02:00	1 09:00	07.00	420				
1	4	3 - 1	3	1	2	2	1 12:25	1 14:10	01.45	105				
1	5	1 - 2	1	2	2	2	1 15:10	1 22:20	07.10	430				
1	6	2 - 3	2	3	3	3	2 02:00	2 09:00	07.00	420				
1	7	3 - 1	3	1	3	3	2 12:25	2 14:10	01.45	105			keterangan	
1	8	1 - 2	1	2	3	3	2 15:10	2 22:20	07.10	430			cgk	1
1	9	2 - 3	2	3	4	4	3 02:00	3 09:00	07.00	420			nrt	2
1	10	3 - 1	3	1	4	4	3 12:25	3 14:10	01.45	105			dps	3
1	11	1 - 2	1	2	4	4	3 15:10	3 22:20	07.10	430				
1	12	2 - 3	2	3	5	5	4 02:00	4 09:00	07.00	420				

1	13	3 - 1	3	1	5	5	4 12:25	4 14:10	01.45	105				
1	14	1 - 2	1	2	5	5	4 15:10	4 22:20	07.10	430				
1	15	2 - 3	2	3	6	6	5 02:00	5 09:00	07.00	420				
1	16	3 - 1	3	1	6	6	5 12:25	5 14:10	01.45	105				
1	17	1 - 2	1	2	6	6	5 15:10	5 22:20	07.10	430				
1	18	2 - 3	2	3	7	7	6 02:00	6 09:00	07.00	420				
1	19	3 - 1	3	1	7	7	6 12:25	6 14:10	01.45	105				
1	20	1 - 2	1	2	7	7	6 15:10	6 22:20	07.10	430				
1	21	2 - 3	2	3	1	1	0 02:00	0 09:00	07.00	420				

LAMPIRAN C.1.3

FILE INPUT B747-400 PESAWAT 1 VARIASI 3

Aircraft	no.leg	Leg	Start City	Arrival City	Start Day	Arrival Day	Start Hour	Arrival Hour	Leg Time	min			pesawat	enlarge
1	1	1 - 2	1	2	1	1	0 15:10	0 22:20	07.10	430			1	0
1	2	2 - 3	2	3	2	2	1 02:00	1 09:00	07.00	420				
1	3	3 - 1	3	1	2	2	1 12:25	1 14:10	01.45	105				
1	4	1 - 2	1	2	2	2	1 15:10	1 22:20	07.10	430				
1	5	2 - 3	2	3	3	3	2 02:00	2 09:00	07.00	420				
1	6	3 - 1	3	1	3	3	2 12:25	2 14:10	01.45	105				
1	7	1 - 2	1	2	3	3	2 15:10	2 22:20	07.10	430			keterangan	
1	8	2 - 3	2	3	4	4	3 02:00	3 09:00	07.00	420			cgk	1
1	9	3 - 1	3	1	4	4	3 12:25	3 14:10	01.45	105			nrt	2
1	10	1 - 2	1	2	4	4	3 15:10	3 22:20	07.10	430			dps	3
1	11	2 - 3	2	3	5	5	4 02:00	4 09:00	07.00	420				
1	12	3 - 1	3	1	5	5	4 12:25	4 14:10	01.45	105				
1	13	1 - 2	1	2	5	5	4 15:10	4 22:20	07.10	430				
1	14	2 - 3	2	3	6	6	5 02:00	5 09:00	07.00	420				

1	15	3 - 1	3	1	6	6	5 12:25	5 14:10	01.45	105				
1	16	1 - 2	1	2	6	6	5 15:10	5 22:20	07.10	430				
1	17	2 - 3	2	3	7	7	6 02:00	6 09:00	07.00	420				
1	18	3 - 1	3	1	7	7	6 12:25	6 14:10	01.45	105				
1	19	1 - 2	1	2	7	7	6 15:10	6 22:20	07.10	430				
1	20	2 - 3	2	3	1	1	0 02:00	0 09:00	07.00	420				
1	21	3 - 1	3	1	1	1	0 12:25	0 14:10	01.45	105				

LAMPIRAN C.2.1

FILE INPUT B747-400 PESAWAT 2 VARIASI 1

Aircraft	no.leg	Leg	Start City	Arrival City	Start Day	Arrival Day	Start Hour	Arrival Hour	Leg Time	min			pesawat	extended
2	1	1 - 2	1	2	1	1	0 06:10	0 15:30	09.20	560			2	1
2	2	2 - 1	2	1	1	2	0 17:00	1 02:50	09.50	590				
2	3	1 - 2	1	2	2	2	1 06:10	1 15:30	09.20	560				
2	4	2 - 1	2	1	2	3	1 17:00	2 02:50	09.50	590				
2	5	1 - 2	1	2	3	3	2 06:10	2 15:30	09.20	560				
2	6	2 - 1	2	1	3	4	2 17:00	3 02:50	09.50	590			keterangan	
2	7	1 - 2	1	2	4	4	3 06:10	3 15:30	09.20	560			cgk	1
2	8	2 - 1	2	1	4	5	3 17:00	4 02:50	09.50	590			jed	2
2	9	1 - 2	1	2	5	5	4 06:10	4 15:30	09.20	560				
2	10	2 - 1	2	1	5	6	4 17:00	5 02:50	09.50	590				
2	11	1 - 2	1	2	6	6	5 06:10	5 15:30	09.20	560				
2	12	2 - 1	2	1	6	7	5 17:00	6 02:50	09.50	590				
2	13	1 - 2	1	2	7	7	6 06:10	6 15:30	09.20	560				
2	14	2 - 1	2	1	7	1	6 17:00	7 02:50	09.50	590				

LAMPIRAN C.2.2

FILE INPUT B747-400 PESAWAT 2 VARIASI 2

Aircraft	no.leg	Leg	Start City	Arrival City	Start Day	Arrival Day	Start Hour	Arrival Hour	Leg Time	min			pesawat	enlarge
2	1	2 - 1	2	1	1	2	0 17:00	1 02:50	09.50	590			2	1
2	2	1 - 2	1	2	2	2	1 06:10	1 15:30	09.20	560				
2	3	2 - 1	2	1	2	3	1 17:00	2 02:50	09.50	590				
2	4	1 - 2	1	2	3	3	2 06:10	2 15:30	09.20	560				
2	5	2 - 1	2	1	3	4	2 17:00	3 02:50	09.50	590				
2	6	1 - 2	1	2	4	4	3 06:10	3 15:30	09.20	560			keterangan	
2	7	2 - 1	2	1	4	5	3 17:00	4 02:50	09.50	590			cgk	1
2	8	1 - 2	1	2	5	5	4 06:10	4 15:30	09.20	560			jed	2
2	9	2 - 1	2	1	5	6	4 17:00	5 02:50	09.50	590				
2	10	1 - 2	1	2	6	6	5 06:10	5 15:30	09.20	560				
2	11	2 - 1	2	1	6	7	5 17:00	6 02:50	09.50	590				
2	12	1 - 2	1	2	7	7	6 06:10	6 15:30	09.20	560				
2	13	2 - 1	2	1	7	1	6 17:00	7 02:50	09.50	590				
2	14	1 - 2	1	2	1	1	0 06:10	0 15:30	09.20	560				

LAMPIRAN C.3

FILE INPUT B747-400 PESAWAT 3

Aircraft	no.leg	Leg	Start City	Arrival City	Start Day	Arrival Day	Start Hour	Arrival Hour	Leg Time	min			pesawat	extended
3	1	1 - 2	1	2	1	1	0 01:10	0 10:30	09.20	560			3	1
3	2	2 - 3	2	3	1	1	0 11:30	0 13:00	01.30	90				
3	3	3 - 1	3	1	1	1	0 14:00	0 23:05	09.05	545				
3	4	1 - 2	1	2	2	2	1 01:10	1 10:30	09.20	560				
3	5	2 - 3	2	3	2	2	1 11:30	1 13:00	01.30	90				
3	6	3 - 1	3	1	2	2	1 14:00	1 23:05	09.05	545			keterangan	
3	7	1 - 2	1	2	3	3	2 01:10	2 10:30	09.20	560			cgk	1
3	8	2 - 3	2	3	3	3	2 11:30	2 13:00	01.30	90			jed	2
3	9	3 - 1	3	1	3	3	2 14:00	2 23:05	09.05	545			ruh	3
3	10	1 - 2	1	2	4	4	3 01:10	3 10:30	09.20	560				
3	11	2 - 3	2	3	4	4	3 11:30	3 13:00	01.30	90				
3	12	3 - 1	3	1	4	4	3 14:00	3 23:05	09.05	545				
3	13	1 - 2	1	2	7	7	6 01:10	6 10:30	09.20	560				
3	14	2 - 3	2	3	7	7	6 11:30	6 13:00	01.30	90				

3	15	3 - 1	3	1	7	7	6 14:00	6 23:05	09.05	545				

LAMPIRAN C.4

FILE INPUT A330-300 PESAWAT 1

Aircraft	no.leg	Leg	Start City	Arrival City	Start Day	Arrival Day	Start Hour	Arrival Hour	Leg Time	min			pesawat	extended
1	1	3 - 2	3	2	1	1	0 01:35	0 08:25	06.50	410			1	0
1	2	2 - 1	2	1	1	1	0 10:00	0 11:45	01.45	105				
1	3	1 - 2	1	2	1	1	0 13:55	0 15:40	01.45	105				
1	4	2 - 3	2	3	1	1	0 16:40	0 23:30	06.50	410				
1	5	3 - 2	3	2	2	2	0 01:35	0 08:25	06.50	410				
1	6	2 - 1	2	1	2	2	0 10:00	0 11:45	01.45	105				
1	7	1 - 2	1	2	3	3	0 13:55	0 15:40	01.45	105			keterangan	
1	8	2 - 3	2	3	3	3	0 16:40	0 23:30	06.50	410			cgk	1
1	9	3 - 2	3	2	4	4	0 01:35	0 08:25	06.50	410			dps	2
1	10	2 - 1	2	1	4	4	0 10:00	0 11:45	01.45	105			icn	3
1	11	1 - 2	1	2	4	4	0 13:55	0 15:40	01.45	105				
1	12	2 - 3	2	3	4	4	0 16:40	0 23:30	06.50	410				
1	13	3 - 2	3	2	5	5	0 01:35	0 08:25	06.50	410				
1	14	2 - 1	2	1	5	5	0 10:00	0 11:45	01.45	105				

1	15	1 - 2	1	2	6	6	0 13:55	0 15:40	01.45	105				
1	16	2 - 3	2	3	6	6	0 16:40	0 23:30	06.50	410				
1	17	3 - 2	3	2	7	7	0 01:35	0 08:25	06.50	410				
1	18	2 - 1	2	1	7	7	0 10:00	0 11:45	01.45	105				
1	19	1 - 2	1	2	7	7	0 13:55	0 15:40	01.45	105				
1	20	2 - 3	2	3	7	7	0 16:40	0 23:30	06.50	410				

LAMPIRAN C.5

FILE INPUT A330-300 PESAWAT 2

Aircraft	no.leg	Leg	Start City	Arrival City	Start Day	Arrival Day	Start Hour	Arrival Hour	Leg Time	min			pesawat	extended
2	1	3 - 2	3	2	1	1	0 02:00	0 08:40	06.40	400			2	0
2	2	2 - 1	2	1	1	1	0 11:00	0 12:45	01.45	105				
2	3	1 - 2	1	2	2	2	0 13:55	0 15:40	01.45	105				
2	4	2 - 3	2	3	2	2	0 16:55	0 23:30	06.35	395				
2	5	3 - 2	3	2	3	3	0 02:00	0 08:40	06.40	400				
2	6	2 - 1	2	1	3	3	0 10:00	0 11:45	01.45	105				
2	7	1 - 2	1	2	3	3	0 13:55	0 15:40	01.45	105			keterangan	
2	8	2 - 4	2	4	3	4	0 17:15	1 00:10	06.55	415			cgk	1
2	9	4 - 2	4	2	4	4	0 02:00	0 08:45	06.45	405			dps	2
2	10	2 - 1	2	1	4	4	0 10:00	0 11:45	01.45	105			kix	3
2	11	1 - 2	1	2	4	4	0 13:55	0 15:40	01.45	105			ngo	4
2	12	2 - 3	2	3	4	4	0 16:55	0 23:30	06.35	395				
2	13	3 - 2	3	2	5	5	0 02:00	0 08:40	06.40	400				
2	14	2 - 3	2	3	5	5	0 16:55	0 23:30	06.35	395				

2	15	3 - 2	3	2	6	6	0 02:00	0 08:40	06.40	400				
2	16	2 - 1	2	1	6	6	0 11:00	0 12:45	01.45	105				
2	17	1 - 2	1	2	6	6	0 13:55	0 15:40	01.45	105				
2	18	2 - 3	2	3	6	6	0 16:55	0 23:30	06.35	395				
2	19	3 - 2	3	2	7	7	0 02:00	0 08:40	06.40	400				
2	20	2 - 3	2	3	7	7	0 16:55	0 23:30	06.35	395				

LAMPIRAN C.6

FILE INPUT A330-300 PESAWAT 3

Aircraft	no.leg	Leg	Start City	Arrival City	Start Day	Arrival Day	Start Hour	Arrival Hour	Leg Time	min			pesawat	extended
3	1	3 - 2	3	2	1	1	0 00:00	0 06:30	06.30	390			3	0
3	2	2 - 1	2	1	1	1	0 07:30	0 09:15	01.45	105				
3	3	1 - 2	1	2	2	2	0 12:00	0 13:45	01.45	105				
3	4	2 - 3	2	3	2	2	0 15:40	0 21:25	05.45	345				
3	5	3 - 2	3	2	3	3	0 00:00	0 06:30	06.30	390				
3	6	2 - 1	2	1	3	3	0 07:30	0 09:15	01.45	105				
3	7	1 - 2	1	2	3	3	0 12:00	0 13:45	01.45	105				
3	8	2 - 4	2	4	3	3	0 16:15	0 21:25	05.10	310				
3	9	4 - 2	4	2	3	4	0 23:55	1 05:55	06.00	360			keterangan	
3	10	1 - 2	1	2	4	4	0 12:00	0 13:45	01.45	105			cgk	1
3	11	2 - 3	2	3	4	4	0 15:40	0 21:25	05.45	345			dps	2
3	12	3 - 2	3	2	5	5	0 00:00	0 06:30	06.30	390			syd	3
3	13	2 - 1	2	1	5	5	0 07:30	0 09:15	01.45	105			mel	4
3	14	1 - 2	1	2	5	5	0 12:00	0 13:45	01.45	105				

3	15	2 - 3	2	3	5	5	0 15:40	0 21:25	05.45	345				
3	16	3 - 2	3	2	6	6	0 00:00	0 06:30	06.30	390				
3	17	2 - 1	2	1	6	6	0 07:30	0 09:15	01.45	105				
3	18	1 - 2	1	2	6	6	0 12:00	0 13:45	01.45	105				
3	19	2 - 3	2	3	6	6	0 15:40	0 21:25	05.45	345				
3	20	3 - 2	3	2	7	7	0 00:00	0 06:30	06.30	390				
3	21	1 - 2	1	2	7	7	0 12:00	0 13:45	01.45	105				
3	22	2 - 3	2	3	7	7	0 15:40	0 21:25	05.45	345				

LAMPIRAN C.7

FILE INPUT A330-300 PESAWAT 4

Aircraft	no.leg	Leg	Start City	Arrival City	Start Day	Arrival Day	Start Hour	Arrival Hour	Leg Time	min			pesawat	extended
4	1	3 - 2	3	2	1	1	0 02:05	0 08:25	06.20	380			4	0
4	2	2 - 1	2	1	1	1	0 09:25	0 11:10	01.45	105				
4	3	1 - 3	1	3	1	1	0 17:15	0 23:05	05.50	350				
4	4	3 - 2	3	2	2	2	0 02:05	0 08:25	06.20	380				
4	5	2 - 1	2	1	2	2	0 09:25	0 11:10	01.45	105			keterangan	
4	6	1 - 3	1	3	3	3	0 17:15	0 23:05	05.50	350			cgk	1
4	7	3 - 2	3	2	4	4	0 02:05	0 08:25	06.20	380			dps	2
4	8	2 - 1	2	1	4	4	0 09:25	0 11:10	01.45	105			pvg	3
4	9	1 - 3	1	3	5	5	0 17:15	0 23:05	05.50	350				
4	10	3 - 2	3	2	6	6	0 02:05	0 08:25	06.20	380				
4	11	2 - 1	2	1	6	6	0 09:25	0 11:10	01.45	105				
4	12	1 - 3	1	3	7	7	0 17:15	0 23:05	05.50	350				

LAMPIRAN C.8

FILE INPUT A330-300 PESAWAT 5

Aircraft	no.leg	Leg	Start City	Arrival City	Start Day	Arrival Day	Start Hour	Arrival Hour	Leg Time	min			pesawat	extended
5	1	4 - 2	4	2	1	1	0 02:00	0 08:45	06.45	405			5	0
5	2	2 - 1	2	1	1	1	0 10:00	0 11:45	01.45	105				
5	3	2 - 3	2	3	1	1	0 16:15	0 21:25	05.10	310				
5	4	3 - 2	3	2	1	2	0 23:55	1 05:55	06.00	360				
5	5	2 - 1	2	1	2	2	0 07:30	0 09:15	01.45	105			keterangan	
5	6	2 - 3	2	3	4	4	0 16:15	0 21:25	05.10	310			cgk	1
5	7	3 - 2	3	2	4	5	0 23:55	1 05:55	06.00	360			dps	2
5	8	1 - 2	1	2	5	5	0 07:30	0 09:15	01.45	105			mel	3
5	9	2 - 1	2	1	5	5	0 13:55	0 15:40	01.45	105			ngo	4
5	10	2 - 4	2	4	5	6	0 17:15	1 00:10	06.55	415				
5	11	4 - 2	4	2	6	6	0 02:00	0 08:45	06.45	405				
5	12	2 - 1	2	1	6	6	0 10:00	0 11:45	01.45	105				
5	13	2 - 3	2	3	6	6	0 16:15	0 21:25	05.10	310				
5	14	3 - 2	3	2	6	7	0 23:55	1 05:55	06.00	360				

5	15	2 - 1	2	1	7	7	0 07:30	0 09:15	01.45	105				
5	16	1 - 2	1	2	7	7	0 13:55	0 15:40	01.45	105				
5	17	2 - 4	2	4	7	1	0 17:15	1 00:10	06.55	415				

LAMPIRAN C.9

FILE INPUT A330-300 PESAWAT 6

Aircraft	no.leg	Leg	Start City	Arrival City	Start Day	Arrival Day	Start Hour	Arrival Hour	Leg Time	min			pesawat	extended
6	1	1 - 3	1	3	1	1	0 01:15	0 03:20	02.05	125			6	0
6	2	3 - 1	3	1	1	1	0 04:20	0 06:30	02.10	130				
6	3	1 - 4	1	4	1	1	0 07:45	0 10:05	02.20	140				
6	4	4 - 1	4	1	1	1	0 11:05	0 13:20	02.15	135				
6	5	1 - 2	1	2	1	1	0 14:20	0 16:00	01.40	100				
6	6	2 - 1	2	1	1	2	0 22:30	1 00:15	01.45	105			keteranga	
6	7	1 - 5	1	5	2	2	0 01:15	0 03:30	02.15	135			cgk	1
6	8	5 - 1	5	1	2	2	0 04:30	0 06:45	02.15	135			dps	2
6	9	1 - 4	1	4	2	2	0 07:45	0 10:05	02.20	140			bpn	3
6	10	4 - 1	4	1	2	2	0 11:05	0 13:20	02.15	135			upg	4
6	11	1 - 2	1	2	2	2	0 14:20	0 16:00	01.40	100			mes	5
6	12	2 - 1	2	1	2	3	0 22:30	1 00:15	01.45	105				
6	13	1 - 3	1	3	3	3	0 01:15	0 03:20	02.05	125				
6	14	3 - 1	3	1	3	3	0 04:20	0 06:30	02.10	130				

6	15	1 - 4	1	4	3	3	0 07:45	0 10:05	02.20	140				
6	16	4 - 1	4	1	3	3	0 11:05	0 13:20	02.15	135				
6	17	1 - 2	1	2	3	3	0 14:20	0 16:00	01.40	100				
6	18	2 - 1	2	1	3	4	0 22:30	1 00:15	01.45	105				
6	19	1 - 5	1	5	4	4	0 01:15	0 03:30	02.15	135				
6	20	5 - 1	5	1	4	4	0 04:30	0 06:45	02.15	135				
6	21	1 - 4	1	4	4	4	0 07:45	0 10:05	02.20	140				
6	22	4 - 1	4	1	4	4	0 11:05	0 13:20	02.15	135				
6	23	1 - 2	1	2	4	4	0 14:20	0 16:00	01.40	100				
6	24	2 - 1	2	1	4	5	0 22:30	1 00:15	01.45	105				
6	25	1 - 3	1	3	5	5	0 01:15	0 03:20	02.05	125				
6	26	3 - 1	3	1	5	5	0 04:20	0 06:30	02.10	130				
6	27	1 - 4	1	4	5	5	0 07:45	0 10:05	02.20	140				
6	28	4 - 1	4	1	5	5	0 11:05	0 13:20	02.15	135				
6	29	1 - 2	1	2	5	5	0 14:20	0 16:00	01.40	100				
6	30	2 - 1	2	1	5	6	0 22:30	1 00:15	01.45	105				
6	31	1 - 5	1	5	6	6	0 01:15	0 03:30	02.15	135				
6	32	5 - 1	5	1	6	6	0 04:30	0 06:45	02.15	135				
6	33	1 - 4	1	4	6	6	0 07:45	0 10:05	02.20	140				

6	34	4 - 1	4	1	6	6	0 11:05	0 13:20	02.15	135				
6	35	1 - 2	1	2	6	6	0 14:20	0 16:00	01.40	100				
6	36	2 - 1	2	1	6	7	0 22:30	1 00:15	01.45	105				
6	37	1 - 5	1	5	7	7	0 01:15	0 03:30	02.15	135				
6	38	5 - 1	5	1	7	7	0 04:30	0 06:45	02.15	135				
6	39	1 - 4	1	4	7	7	0 07:45	0 10:05	02.20	140				
6	40	4 - 1	4	1	7	7	0 11:05	0 13:20	02.15	135				
6	41	1 - 2	1	2	7	7	0 14:20	0 16:00	01.40	100				
6	42	2 - 1	2	1	7	1	0 22:30	1 00:15	01.45	105				

LAMPIRAN D.1.1

FILE OUTPUT B747-400 PESAWAT 1 VARIASI 1

2	3	7	
1	1		
1	2		
3	5	6	10
1	4		
3	8	9	13
3	11	12	16
3	14	15	19
2	17	18	
2	20	21	

LAMPIRAN D.1.2

FILE OUTPUT B747-400 PESAWAT 1 VARIASI 2

2	2	6	
1	21		
1	1		
3	4	5	9
1	3		
3	7	8	12
3	10	11	15
3	13	14	18
2	16	17	
2	19	20	

LAMPIRAN D.1.3

FILE OUTPUT B747-400 PESAWAT 1 VARIASI 3

2	1	5	
1	20		
1	21		
3	3	4	8
1	2		
3	6	7	11
3	9	10	14
3	12	13	17
2	15	16	
2	18	19	

LAMPIRAN D.2.1

FILE OUTPUT B747-400 PESAWAT 2 VARIASI 1

4	1	4	5	8
4	2	3	6	7
3	9	12	13	
3	10	11	14	

LAMPIRAN D.2.1

FILE OUTPUT B747-400 PESAWAT 2 VARIASI 1

1	14			
4	1	2	5	6
4	3	4	7	8
3	9	10	13	
2	11	12		

LAMPIRAN D.3

FILE OUTPUT B747-400 PESAWAT 3

1	1		
3	2	3	4
3	5	6	7
3	8	9	10
2	11	12	
2	14	15	
1	13		

LAMPIRAN D.4

FILE OUTPUT A330-300 PESAWAT 1

2	3	4		
4	7	8	13	20
1	2			
3	6	11	12	
1	1			
3	10	15	16	
1	5			
2	14	19		
1	9			
1	18			
1	17			

LAMPIRAN D.5

FILE OUTPUT A330-300 PESAWAT 2

1	1		
3	2	3	4
3	5	6	7
3	8	9	10
2	11	12	
2	14	15	
1	13		

LAMPIRAN D.6

FILE OUTPUT A330-300 PESAWAT 3

2	3	4			
2	7	8			
1	2				
4	6	10	11	16	
1	1				
5	9	13	14	17	18
1	15				
1	5				
2	19	20			
2	21	22			
1	12				

LAMPIRAN D.7

FILE OUTPUT A330-300 PESAWAT 4

2	3	4
2	6	7
1	2	
1	5	
1	1	
2	8	9
2	11	12
1	10	

LAMPIRAN D.8

FILE OUTPUT A330-300 PESAWAT 5

1	2			
1	3			
2	4	5		
1	1			
1	6			
4	7	8	16	17
2	9	10		
1	12			
1	13			
2	14	15		
1	11			

LAMPIRAN D.9

FILE OUTPUT A330-300 PESAWAT 6

3	1	2	3				
3	5	6	7				
3	12	13	14				
3	18	19	20				
4	4	9	10	11			
5	16	17	24	25	26		
7	8	15	22	23	30	31	32
6	21	28	29	36	37	38	0
4	27	34	35	42			
3	33	40	41				
1	39						

LAMPIRAN E

OUTPUT B747-400 DALAM BENTUK GRAFIS

LAMPIRAN F

OUTPUT A330-300 DALAM BENTUK GRAFIS

LAMPIRAN G

OUTPUT B747-400 PESAWAT 1 SECARA GRAFIS

LAMPIRAN H

OUTPUT B747-400 PESAWAT 2 SECARA GRAFIS

LAMPIRAN I

CODE PROGRAMMING M-FILE MATLAB

```
close;
clear;
clc;
%% User Interface
disp('Masukkan nama file yang akan dibuka (case sensitive) : ')
name=input('Nama File : ','s');
%% Input Data
%input data
prime=xlsread(name);
num=max(prime);                 %matriks yang berisi nilai maksimum tiap kolom matriks [prime]
numplane=num(1);                %jumlah pesawat
numcity=num(4);                 %jumlah kota
m=prime(:,4);                   %matriks berisi kota keberangkatan per leg
n=prime(:,5);                   %matriks berisi kota kedatangan per leg
day=prime(:,6);                 %matriks hari keberangkatan per leg
pesawat=prime(:,1);             %pesawat
ft=prime(:,11);                 %flight time
% sumft=zeros(7,numplane);      %jumlah FT per hari per pesawat
% sumflt=zeros(7,numplane);     %jumlah penerbangan per hari per pesawat
lt=numel(ft);                   %counter iterasi
% pilot=zeros(7,numplane);      %jumlah pilot per hari per pesawat
enlarge=prime(1,15);            %1=enlarge, 0=standard

%% Inisialisasi
%pembentukan matriks
xpilot=2;
var=7*numcity*xpilot;
jadwal=zeros(var,1);     %jumlah leg yang dilayani set pilot tertentu selama seminggu
mpilot=zeros(var,1);     %kota terakhir pilot menjalankan leg
daypilot=zeros(var,1);   %hari terakhir pilot menjalankan leg
ftakhir=zeros(var,1);    %ft leg terakhir yang dijalankan pilot
ftday=zeros(var,1);      %jumlah ft apabila leg yang akan diassign kepada pilot yang memiliki day yang sama dengan leg
jumlahft=zeros(var,1);   %jumlah ft pilot selama seminggu
sched=zeros(var,10);
landing=zeros(var,1);
%pengkondisan awal
```

```
for a=1:numplane
    for b=1:var
        for c=1:7
            if b>=(((c-1)*xpilot*numcity)+1) && b<=(c*xpilot*numcity)
                daypilot(b,a)=c;
            end
        end
    end
end
for a=1:numplane
    for b=1:7
        for c=1:numcity
            mpilot(((b-1)*xpilot*numcity+((2*c)-1)),a)=c;
            mpilot(((b-1)*xpilot*numcity+(2*c)),a)=c;
        end
    end
end

%% proses
if enlarge==1
    ba=720;                     %ba=batas atas ft (ft maksimum per hari)
    bb=540;                     %bb=batas bawah trend rest time
    ba1=720;
    for a=1:lt                  %a=leg number
        for b=1:7               %b=hari
        if day(a)==b
            for c=1:numcity     %c=kota
            if m(a)==c
                if day(a)==b && m(a)==c && ft(a)>=bb && ft(a)<=ba                %parameter jadwal
                    x=1;                    %x=counter pilot,untuk mencari pilot nomor berapa yang memenuhi persyaratan
                    tambahjadwal=0;         %parameter iterasi, 0=lanjut, 1=berhenti
                    while tambahjadwal==0
                        if ftakhir(x)<bb    %parameter pilot yang memenuhi syarat
                            if ftakhir(x)+ft(a)<=ba     %parameter pilot yang memenuhi syarat
                                if daypilot(x)==b && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=2520  %parameter pilot yang memenuhi syarat
                                    tambahjadwal=1;
                                    jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                                    daypilot(x)=day(a);
                                    mpilot(x)=n(a);
                                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                                    if (a-sched(x,(jadwal(x))))==1
                                        ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                                    else ftakhir(x)=ft(a);
```

```
                                    end
                                    sched(x,(jadwal(x)))=a;
                                end
                            elseif ftakhir(x)+ft(a)>ba  %parameter pilot yang memenuhi syarat
                                if daypilot(x)==(b-1) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=2520  %parameter pilot yang memenuhi 
syarat
                                    tambahjadwal=1;
                                    jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                                    daypilot(x)=day(a);
                                    mpilot(x)=n(a);
                                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                                    if (a-sched(x,(jadwal(x))))==1
                                        ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                                    else ftakhir(x)=ft(a);
                                    end
                                    sched(x,(jadwal(x)))=a;
                                end
                            end
                        elseif ftakhir(x)>=bb && ftakhir(x)<=ba     %parameter pilot yang memenuhi syarat
                            if ftakhir(x)+ft(a)>ba  %parameter pilot yang memenuhi syarat
                                if daypilot(x)==(b-1) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=2520  %parameter pilot yang memenuhi 
syarat
                                    tambahjadwal=1;
                                    jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                                    daypilot(x)=day(a);
                                    mpilot(x)=n(a);
                                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                                    if (a-sched(x,(jadwal(x))))==1
                                        ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                                    else ftakhir(x)=ft(a);
                                    end
                                    sched(x,(jadwal(x)))=a;
                                end
                            end
                        end
                        x=x+1;
                    end
                elseif day(a)==b && m(a)==c && ft(a)<bb                 %parameter jadwal
                    x=1;                    %x=counter pilot,untuk mencari pilot nomor berapa yang memenuhi persyaratan
                    tambahjadwal=0;         %parameter iterasi, 0=lanjut, 1=berhenti
                    while tambahjadwal==0
                        if ftakhir(x)>=bb && ftakhir(x)<=ba     %parameter pilot yang memenuhi syarat
                            if ftakhir(x)+ft(a)>ba  %parameter pilot yang memenuhi syarat
```

```
                if daypilot(x)==(b-1) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=2520  %parameter pilot yang memenuhi
syarat
                    tambahjadwal=1;
                    jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                    daypilot(x)=day(a);
                    mpilot(x)=n(a);
                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                    if (a-sched(x,(jadwal(x))))==1
                        ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                    else ftakhir(x)=ft(a);
                    end
                    sched(x,(jadwal(x)))=a;
                elseif daypilot(x)==(b-2) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=2520  %parameter pilot yang memenuhi
syarat
                    tambahjadwal=1;
                    jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                    daypilot(x)=day(a);
                    mpilot(x)=n(a);
                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                    if (a-sched(x,(jadwal(x))))==1
                        ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                    else ftakhir(x)=ft(a);
                    end
                    sched(x,(jadwal(x)))=a;
                end
            end
        elseif ftakhir(x)<bb    %parameter pilot yang memenuhi syarat
            if ftakhir(x)+ft(a)<=ba     %parameter pilot yang memenuhi syarat
                if daypilot(x)==b && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=2520  %parameter pilot yang memenuhi syarat
                    tambahjadwal=1;
                    jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                    daypilot(x)=day(a);
                    mpilot(x)=n(a);
                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                    if (a-sched(x,(jadwal(x))))==1
                        ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                    else ftakhir(x)=ft(a);
                    end
                    sched(x,(jadwal(x)))=a;
                elseif daypilot(x)==(b-1) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=2520  %parameter pilot yang memenuhi
syarat
                    tambahjadwal=1;
                    jadwal(x)=jadwal(x)+1;
```

```
                                    daypilot(x)=day(a);
                                    mpilot(x)=n(a);
                                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                                    if (a-sched(x,(jadwal(x))))==1
                                        ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                                    else ftakhir(x)=ft(a);
                                    end
                                    sched(x,(jadwal(x)))=a;
                                elseif daypilot(x)==(b-2) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=2520  %parameter pilot yang memenuhi 
syarat
                                    tambahjadwal=1;
                                    jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                                    daypilot(x)=day(a);
                                    mpilot(x)=n(a);
                                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                                    ftakhir(x)=ft(a);
                                    sched(x,(jadwal(x)))=a;
                                end
                            end
                        end
                        x=x+1;
                    end
                end
            end
            end
        end
        end
    end
elseif enlarge==0
    ba=540;                     %ba=batas atas ft (ft maksimum per hari)
    bb=360;                     %bb=batas bawah trend rest time
    ba1=720;
    for a=1:lt                  %a=leg number
        for b=1:7               %b=hari
        if day(a)==b
            for c=1:numcity     %c=kota
            if m(a)==c
                if day(a)==b && m(a)==c && ft(a)>=bb && ft(a)<=ba                 %parameter jadwal
                    x=1;                    %x=counter pilot,untuk mencari pilot nomor berapa yang memenuhi persyaratan
                    tambahjadwal=0;         %parameter iterasi, 0=lanjut, 1=berhenti
                    while tambahjadwal==0
                        if ftakhir(x)<bb    %parameter pilot yang memenuhi syarat
                            if ftakhir(x)+ft(a)<=ba     %parameter pilot yang memenuhi syarat
```

```
                    if daypilot(x)==b && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=1680 && landing(x)<=2  %parameter pilot yang 
memenuhi syarat
                        tambahjadwal=1;
                        jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                        daypilot(x)=day(a);
                        mpilot(x)=n(a);
                        jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                        if jadwal(x)==1 || (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))>1
                            ftakhir(x)=ft(a);
                            landing(x)=1;
                        elseif (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))==1
                            ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                            landing(x)=landing(x)+1;
                        end
                        sched(x,(jadwal(x)))=a;
                    end
                elseif ftakhir(x)+ft(a)>ba  %parameter pilot yang memenuhi syarat
                    if daypilot(x)==(b-1) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=1680 && landing(x)<=2  %parameter pilot 
yang memenuhi syarat
                        tambahjadwal=1;
                        jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                        daypilot(x)=day(a);
                        mpilot(x)=n(a);
                        jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                        if jadwal(x)==1 || (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))>1
                            ftakhir(x)=ft(a);
                            landing(x)=1;
                        elseif (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))==1
                            ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                            landing(x)=landing(x)+1;
                        end
                        sched(x,(jadwal(x)))=a;
                    end
                end
            elseif ftakhir(x)>=bb && ftakhir(x)<=ba     %parameter pilot yang memenuhi syarat
                if ftakhir(x)+ft(a)>ba  %parameter pilot yang memenuhi syarat
                    if daypilot(x)==(b-2) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=1680 && landing(x)<=2  %parameter pilot 
yang memenuhi syarat
                        tambahjadwal=1;
                        jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                        daypilot(x)=day(a);
                        mpilot(x)=n(a);
                        jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
```

```
                                    if jadwal(x)==1 || (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))>1
                                        ftakhir(x)=ft(a);
                                        landing(x)=1;
                                    elseif (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))==1
                                        ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                                        landing(x)=landing(x)+1;
                                    end
                                    sched(x,(jadwal(x)))=a;
                                elseif daypilot(x)==(b-2) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=1680 && landing(x)<=2  %parameter 
pilot yang memenuhi syarat
                                    tambahjadwal=1;
                                    jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                                    daypilot(x)=day(a);
                                    mpilot(x)=n(a);
                                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                                    if jadwal(x)==1 || (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))>1
                                        ftakhir(x)=ft(a);
                                        landing(x)=1;
                                    elseif (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))==1
                                        ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                                        landing(x)=landing(x)+1;
                                    end
                                    sched(x,(jadwal(x)))=a;
                                end
                            end
                        end
                        x=x+1;
                    end
                elseif day(a)==b && m(a)==c && ft(a)<bb                 %parameter jadwal
                    x=1;                    %x=counter pilot,untuk mencari pilot nomor berapa yang memenuhi persyaratan
                    tambahjadwal=0;         %parameter iterasi, 0=lanjut, 1=berhenti
                    while tambahjadwal==0
                        if ftakhir(x)>=bb && ftakhir(x)<=ba     %parameter pilot yang memenuhi syarat
                            if ftakhir(x)+ft(a)>ba  %parameter pilot yang memenuhi syarat
                                if daypilot(x)==(b-2) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=1680 && landing(x)<=2  %parameter pilot 
yang memenuhi syarat
                                    tambahjadwal=1;
                                    jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                                    daypilot(x)=day(a);
                                    mpilot(x)=n(a);
                                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                                    if jadwal(x)==1 || (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))>1
                                        ftakhir(x)=ft(a);
```

```
                                landing(x)=1;
                            elseif (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))==1
                                ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                                landing(x)=landing(x)+1;
                            end
                            sched(x,(jadwal(x)))=a;
                        end
                    end
                elseif ftakhir(x)<bb    %parameter pilot yang memenuhi syarat
                    if ftakhir(x)+ft(a)<=ba     %parameter pilot yang memenuhi syarat
                        if daypilot(x)==b && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=1680 && landing(x)<=2  %parameter pilot yang 
memenuhi syarat
                            tambahjadwal=1;
                            jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                            daypilot(x)=day(a);
                            mpilot(x)=n(a);
                            jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                            if jadwal(x)==1 || (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))>1
                                ftakhir(x)=ft(a);
                                landing(x)=1;
                            elseif (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))==1
                                ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                                landing(x)=landing(x)+1;
                            end
                            sched(x,(jadwal(x)))=a;
                        elseif daypilot(x)==(b-1) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=1680 && landing(x)<=2  %parameter 
pilot yang memenuhi syarat
                            tambahjadwal=1;
                            jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                            daypilot(x)=day(a);
                            mpilot(x)=n(a);
                            jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                            if jadwal(x)==1 || (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))>1
                                ftakhir(x)=ft(a);
                                landing(x)=1;
                            elseif (a-sched(x,(jadwal(x)-1)))==1
                                ftakhir(x)=ftakhir(x)+ft(a);
                                landing(x)=landing(x)+1;
                            end
                            sched(x,(jadwal(x)))=a;
                        elseif daypilot(x)==(b-2) && mpilot(x)==c && jumlahft(x)+ft(a)<=1680 && landing(x)<=2  %parameter 
pilot yang memenuhi syarat
                            tambahjadwal=1;
```

```
                                    jadwal(x)=jadwal(x)+1;
                                    daypilot(x)=day(a);
                                    mpilot(x)=n(a);
                                    jumlahft(x)=jumlahft(x)+ft(a);
                                    ftakhir(x)=ft(a);
                                    sched(x,(jadwal(x)))=a;
                                end
                            end
                        end
                        x=x+1;
                    end
                end
            end
            end
        end
        end
    end
end

%% Hasil Akhir
output=[jadwal,sched];
xlswrite('output_',output)
```